

	Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY Fakultas Teknik Geologi UNIVERSITAS PADJADJARAN homepage: http://jurnal.unpad.ac.id/bsc p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X	 Volume 22, No.1 April 2024
---	---	---

TIPE ENDAPAN MINERAL PADA BATUAN METAMORF KUBAH BAYAH, BANTEN

Nur Kholis^{1*}, Aton Patonah¹, M Nursiyam Barkah¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

^{*}Korespondensi: nur18007@mail.unpad.ac.id

ABSTRACT

This research was conducted in the Bayah Dome area, Cihara District, Lebak Regency, Banten Province, with the aim of identifying the characteristics, types, associations of alteration minerals, metallic minerals, and types of metallic mineral deposits in metamorphic – hosted rocks. Petrography and mineragraphy are the methods used in this study. Based on the petrographic results, 6 types of metamorphic rocks were obtained, namely chlorite schist, chlorite biotite schist, chlorite muscovite schist, chlorite muscovite biotite schist, chlorite muscovite biotite garnet schist, and chlorite actinolite schist as the host rock. Based on the identification of alteration minerals and their associations, the alteration of the study area is divided into 2 zones of alteration minerals, namely the epidote - chlorite $\pm$ quartz alteration mineral zone which belongs to the propylitic alteration type and the sericite $\pm$ pyrite alteration mineral zone which belongs to the phyllic alteration type. Furthermore, mineragraphic results show that there are 2 ore metal mineralization associations, namely post-metamorphic and syn-metamorphic. The constituent minerals of the post-metamorphic mineralization association consist of pyrite, chalcopyrite, sphalerite, bornite, covellite and hematite, while the constituent minerals of the syn-metamorphic mineralization association consist of pyrite. In addition, valuable metal minerals in the form of gold were also identified in the post-metamorphic mineral association. Based on the above characteristics, the type of deposits formed in the study area is dominated by medium sulfidation epithermal deposits. However, a small part is also present, presumably as orogenic deposits characterized by foliation parallel veins filled with secondary quartz, secondary chlorite, secondary clay minerals, and opaque minerals and mineralization in the form of pyrite minerals formed following foliation on chlorite minerals.

Keywords: Bayah Dome, Alteration-mineralization type, Metamorphic-hosted rock, Intermediate sulfide epithermal

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di daerah Kubah Bayah, Kecamatan Cihara, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten, dengan tujuan untuk mengidentifikasi karakteristik, jenis, asosiasi mineral ubahan, mineral logam, dan tipe endapan mineral pada batuan induk berupa batuan metamorf. Petrografi dan mineragrafi adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil petrografi, didapatkan 6 jenis batuan metamorf, yaitu sekis klorit, sekis biotit klorit, sekis muskovit klorit, sekis biotit muskovit klorit, sekis garnet biotit muskovit klorit, dan sekis aktinolit klorit sebagai batuan induk. Berdasarkan hasil identifikasi mineral ubahan dan asosiasinya, alterasi daerah penelitian dibagi ke dalam 2 zona mineral alterasi, yaitu zona epidot – klorit $\pm$ kuarsa yang termasuk ke dalam tipe alterasi propilitik dan zona serisit $\pm$ pirit yang termasuk ke dalam tipe alterasi filik. Selanjutnya, hasil mineragrafi, menunjukkan bahwa terdapat 2 asosiasi mineralisasi logam bijih, yaitu pos-metamorfik dan sin-metamorfik. Mineral penyusun asosiasi mineralisasi pos-metamorfik terdiri atas pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, kovelit, dan hematit, sedangkan mineral penyusun asosiasi mineralisasi sin-metamorfik terdiri atas pirit. Selain itu, juga teridentifikasi mineral logam berharga berupa emas pada asosiasi mineral pos-metamorfik. Berdasarkan karakteristik di atas, maka tipe endapan yang terbentuk di daerah penelitian adalah didominasi oleh tipe endapan hidrotermal yaitu endapan epitermal sulfidasi menengah. Namun, sebagian kecil juga hadir, diduga sebagai endapan orogenik yang dicirikan oleh urat-urat paralel foliasi yang diisi oleh kuarsa sekunder, klorit sekunder, mineral

lempung sekunder, dan mineral opak dan mineralisasi berupa mineral pirit yang terbentuk mengikuti foliasi pada mineral klorit.

Kata kunci: Kubah Bayah, Zona alterasi – mineralisasi, batuan metamorf, epitermal sulfidasi menengah

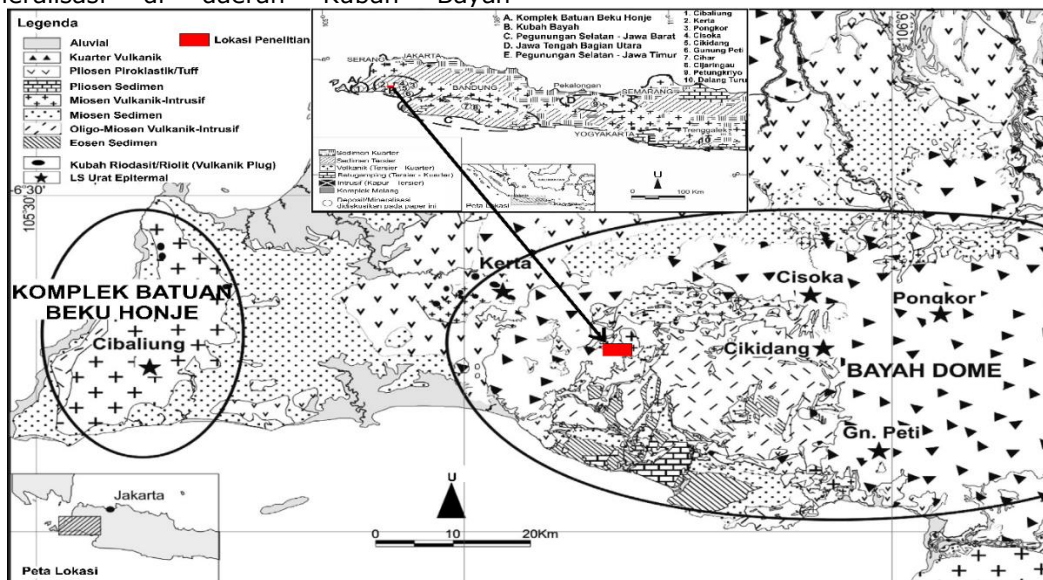
PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilewati oleh jalur subduksi yang menghasilkan sumber daya geologi endapan mineral logam, salah satunya adalah di Pulau Jawa yang pada umumnya memiliki karakteristik tipe endapan epitermal (Prihatmoko dan Idrus, 2020). Salah satu daerah penghasil mineral logam di Pulau Jawa adalah Jawa Bagian Barat tepatnya di wilayah Bayah, Provinsi Banten.

Beberapa tipe endapan mineral logam yang berada di wilayah Kubah Bayah pada umumnya merupakan tipe endapan epitermal sulfida rendah (Rosana dan Matsueda, 2002; Prihatmoko dan Idrus, 2020; Dana dkk., 2018; dan Hidayat dkk., 2017). Pembentukan mineralisasi di daerah Kubah Bayah pada umumnya terbentuk pada batuan beku, batuan vulkanik, dan sedimen. Akan tetapi, mineralisasi di daerah Kubah Bayah

ditemukan juga terbentuk pada batuan metamorf. Pembentukan mineralisasi pada batuan metamorf biasanya berkaitan dengan proses orogenesis dan menghasilkan tipe endapan emas orogenik, seperti di daerah Bombana dan Pulau Buru serta di Sungai Loning, Luk Ulo, Komplek Karangsambung (Idrus dkk., 2017; Termizi dkk., 2017).

Di daerah Kubah Bayah terdapat kehadiran mineral logam pada batuan metamorf dan intrusi batuan beku yang memiliki kehadiran mineral logam menerobos di sekitar batuan metamorf (Patonah dkk., 2018). Oleh karena itu, fokus penelitian adalah alterasi dan mineralisasi sehingga dapat diketahui tipe endapan mineral di daerah penelitian yaitu pada batuan metamorf di daerah Bayah, Kecamatan Cihara, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten (Gambar 1.)



Gambar 1. Peta letak lokasi penelitian mineralisasi daerah Bayah modifikasi dari (Prihatmoko dan Idrus, 2020).

TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Daerah Penelitian

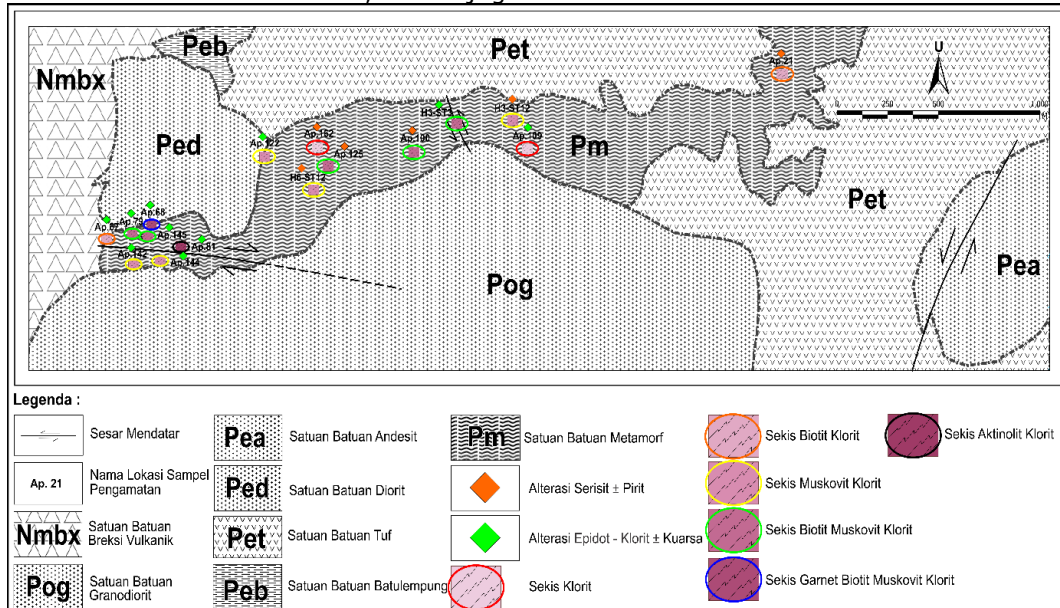
Berdasarkan letak fisiografi daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Pegunungan Bayah, merupakan Zona Bandung yang melebar ke arah barat yang terbentang mulai dari Ujungkulon hingga Cibadak (Sukabumi) dengan lebar ± 20 km. Peristiwa tektonik yang terjadi di daerah penelitian diawali oleh tumbukan lempeng Samudera Indo-Australia dengan mikro kontinen *Sundaland* secara regional yang terjadi sejak Kapur Akhir. Kemudian, dilanjutkan oleh peristiwa tektonik

pada Awal Eosen hingga Akhir Oligosen Tengah yang menyebabkan terbentuknya beberapa formasi di daerah penelitian, dari tertua hingga termuda, yaitu Kelompok Metamorf, Formasi Bayah, Formasi Cikotok, dan Granodiorit Cihara (Ahnaf dkk., 2018) (Gambar 2.).

Berdasarkan van Bemmelen (1949), mengungkapkan bahwa di daerah penelitian dan sekitarnya terdapat keterkaitan antara proses orogenik dengan keterbentukan struktur. Terdapat tiga proses orogenik yang menghasilkan produk struktur berbeda.

Proses orogenik 1 terjadi pada Awal Oligosen hingga Awal Miosen menghasilkan sesar normal, sesar mendatar dan lipatan berarah E -W dan NE - S, proses orogenik 2 terjadi pada Awal Miosen hingga Miosen Tengah menghasilkan sesar normal dan sesar mendatar berarah NE - SW, dan juga

menghasilkan lipatan dengan arah E - W, dan proses Orogenik 3 terjadi pada Miosen Tengah hingga Pliosen menghasilkan sesar normal, sesar mendatar dan sesar diagonal berarah N - S, NE - SW, NW - SE dan lipatan dengan arah E - W dan NESW.



Gambar 2. Peta kerangka geologi daerah penelitian modifikasi dari (Patonah dkk., 2020; Ahnaf dkk., 2018).

Alterasi dan Mineralisasi Daerah Penelitian

Alterasi hidrotermal adalah suatu peristiwa unsur mineralogi dan komposisi kimia mengalami pergantian akibat dari interaksi dengan larutan hidrotermal (White dan Hedenquist, 1995). Alterasi terjadi apabila larutan hidrotermal mengalami difusi dengan mengisi dan mempengaruhi rekahan-rekahan dinding batuan. Mineralisasi adalah suatu proses tergantinya unsur mineral yang berada pada batuan dinding oleh unsur mineral yang berasal dari larutan hidrotermal yang terendapkan (Rahmawati dkk., 2013). Di daerah penelitian telah dilakukan penelitian berkaitan alterasi dan mineralisasi selain pada batuan metamorf. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prihatmoko dan Idrus (2020), Kubah Bayah terbagi menjadi 5 wilayah mineralisasi. Dari lima wilayah mineralisasi tersebut, daerah penelitian berada di antara Komplek Kerta, Komplek Cisoka, dan Komplek Cikidang (Gambar 1).

Dari tiga wilayah mineralisasi tersebut, secara umum memiliki karakteristik mineralisasi berupa tipe endapan epitermal sulfidasi rendah dengan alterasi berupa silika-adularia kuat, illit lebih rendah ± klorit-pirit, sinter silika tebal, zona alterasi lempung (smektit-ilit) + ubahan pirit terletak dekat dengan vein, zona alterasi klorit-smektit,

argilik, dan propilitik. Pada umumnya terbentuk pada batuan induk berupa batuan sedimen, batuan beku, dan batuan vulkanik. Selain itu, telah dilakukan penelitian alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian secara spesifik yaitu pada batuan andesit (Pea) dan granodiorit (Pog) yang berada di sekitar batuan metamorf.

Dari hasil penelitian, menunjukkan tipe endapan mineral epitermal sulfidasi menengah dan endapan porfiri. Pada batuan porfiri andesit memiliki kumpulan mineral alterasi berupa serisit, klorit, biotit, aktinolit, kuarsa, dan mineral karbonat dengan tipe endapan epitermal sulfidasi menengah. Sedangkan, pada batuan porfiri granodiorit memiliki kumpulan mineral alterasi berupa kuarsa, serisit, klorit, epidot, biotit, aktinolit, dan karbonat dengan tipe endapan porfiri (Prakoso dkk., 2016).

METODE PENELITIAN

Objek penelitian yang diteliti berupa sampel batuan metamorf yang berjumlah 30 sampel batuan yang diamati di bawah mikroskop polarisasi dan refleksi berupa 17 sayatan tipis dan 13 sayatan poles. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa metode deskriptif. Metode deskriptif tersebut dilakukan dengan menggunakan mikroskop untuk menganalisis sifat-sifat petrografi dan mineragrafi pada batuan metamorf.

Dilakukan di Laboratorium Petrologi dan Mineralogi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran.

Analisis petrografi ini, dilakukan untuk mendeskripsikan tekstur batuan, struktur batuan, komposisi mineral yang digunakan untuk menentukan nama batuan berdasarkan klasifikasi Bucher & Grapes (2011). Lebih lanjut lagi, untuk menentukan karakteristik dan jenis mineral baik mineral yang belum berubah ataupun mineral ubahan serta tingkat alterasi yang terjadi didasarkan pada Thompson dan Thompson (1996), Browne (1989), *Physical Geology* (Earle, 2015), Hedenquist dkk. (2000), dan klasifikasi tekstur urat kuarsa mengacu kepada klasifikasi tekstur urat kuarsa Morrison dkk. (1990). Pada tahap analisis mineragrafi ini, dilakukan identifikasi karakteristik, tekstur, dan komposisi yang mengacu kepada Pracejus (2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Batuan Metamorf

Berdasarkan analisis petrografi yang telah dilakukan, dari tujuh belas sampel batuan dikelompokkan menjadi enam jenis batuan. Persebaran tujuh belas titik sampel batuan dapat dilihat pada (Gambar 2). Enam kelompok jenis batuan tersebut, terdiri atas sekis klorit, sekis biotit klorit, sekis muskovit klorit, sekis biotit muskovit klorit, dan sekis garnet biotit muskovit klorit. Terdapat juga, sampel urat kuarsa yang termasuk ke dalam kelompok batuan sekis biotit muskovit klorit.

Dari keenam kelompok jenis batuan tersebut memiliki karakteristiknya masing-masing. Karakteristik dari masing-masing keenam kelompok jenis batuan metamorf yaitu sekis klorit, sekis biotit klorit, sekis muskovit klorit, sekis biotit muskovit klorit, sekis garnet biotit muskovit klorit, dan sekis aktinolit klorit dan urat kuarsa (sekis biotit muskovit klorit), telah teridentifikasi yang ditampilkan ke dalam bentuk tabel, dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik kelompok batuan metamorf di daerah penelitian.

KELOMPOK BATUAN METAMORF	KARAKTERISTIK						
	Warna (Bucher & Grapes, 2011)		Tekstur (Bucher & Grapes, 2011)	Struktur (Bucher & Grapes, 2011)	Tingkat Alterasi (Browne, 1989)	Komposisi Mineral (Bucher & Grapes, 2011)	
	Segar	Lapuk				Sin-Metamorfik	Pos-Metamorfik
SEKIS KLOKIT	Abu-abu putih	Coklat kejinggaan – putih kecoklatan	Porfiroklastik	Foliasi <i>schistose</i> (tidak berkembang dengan baik)	Sedang	Kuarsa, plagioklas, dan klorit	Kuarsa sekunder, klorit, biotit sekunder, karbonat, epidot, serisit, mineral lempung, mineral opak, dan oksida besi.
SEKIS BIOTIT KLOKIT	Abu-abu putih	Jingga kecoklatan	Porfiroblastik	Foliasi <i>schistose</i> (tidak berkembang baik)	Lemah	Kuarsa, plagioklas, biotit, mineral lempung, dan klorit	Serisit, epidot, oksida besi, dan mineral opak
SEKIS MUSKOVIT KLOKIT	Abu-abu putih	Putih keabu-abuan - jingga kecoklatan	Porfiroblastik dan grano-lepidoblastik	Foliasi <i>schistose</i> (umumnya berkembang baik)	Lemah	Kuarsa, plagioklas, K-felspar, muskovit, klorit, dan mineral lempung	Kuarsa sekunder, serisit, epidot, klorit, mineral karbonat, mineral lempung sekunder, mineral opak, dan oksida besi
SEKIS BIOTIT MUSKOVIT KLOKIT	Abu-abu putih	Coklat kejinggaan - coklat kehitaman	Grano-lepidoblastik dan porfiroblastik	Foliasi <i>schistose</i> (berkembang baik), mikrostruktur krenulasi, dan mikrostruktur <i>kink band</i>	Lemah	Kuarsa, plagioklas, K-felspar, biotit, muskovit, klorit, dan mineral lempung	Kuarsa sekunder, serisit, epidot, mineral lempung sekunder, oksida besi, dan mineral opak
SEKIS GARNET BIOTIT MUSKOVIT KLOKIT	Abu-abu putih	Coklat kejinggaan	Grano-lepidoblastik, porfiroblastik, dan porfiroklastik	Foliasi <i>schistose</i> (berkembang baik), dan mikrostruktur krenulasi	Sedang	Kuarsa, garnet, plagioklas, K-felspar, muskovit, biotit, klorit, dan mineral lempung	Kuarsa sekunder, mineral lempung sekunder, klorit, epidot, mineral karbonat, mineral opak, dan oksida besi
SEKIS AKTINOLIT KLOKIT	Abu-abu putih	Jingga kecoklatan	Grano-nematoblastik dan porfiroklastik	Foliasi <i>schistose</i> (berkembang dengan baik)	Sedang	Kuarsa, plagioklas, aktinolit, klorit, dan biotit	Kuarsa sekunder, mineral lempung sekunder, biotit sekunder, klorit, epidot, mineral karbonat, serisit, mineral opak, dan oksida besi
URAT KUARSA (SEKIS BIOTIT MUSKOVIT KLOKIT)	Abu-abu putih	Coklat kejinggaan - coklat kehitaman	Grano-lepidoblastik dan porfiroblastik. Tekstur urat makroskopis (<i>vuggy</i> dan <i>sugary</i>). Tekstur urat mikroskopis (<i>mosaic, comb, flamboyant, dan feathery</i>)	Foliasi <i>schistose</i> (berkembang baik)	Kuat	Kuarsa, plagioklas, muskovit, klorit, dan mineral lempung	Kalsedon, kuarsa sekunder, serisit, mineral opak, dan oksida besi

Analisis Struktur Geologi

Struktur geologi dapat mengontrol alterasi dan mineralisasi dengan skala luas, salah satu struktur geologi yang dapat mengontrol alterasi dan mineralisasi (Grooves dkk., 1998), diantaranya sesar mendatar yang ditemukan di daerah zona penelitian. Sesar mendatar tersebut dapat menjadi suatu jalur fluida hidrotermal yang dapat mempengaruhi batuan sampling sehingga mengubah komposisi mineral di dalamnya. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Filayati dkk. (2018) menunjukkan bahwa, terdapat empat struktur geologi berupa sesar mendatar yang termasuk kepada sesar orde 2 dan terdapat sesar orde 1 pada bagian barat di luar daerah penelitian.

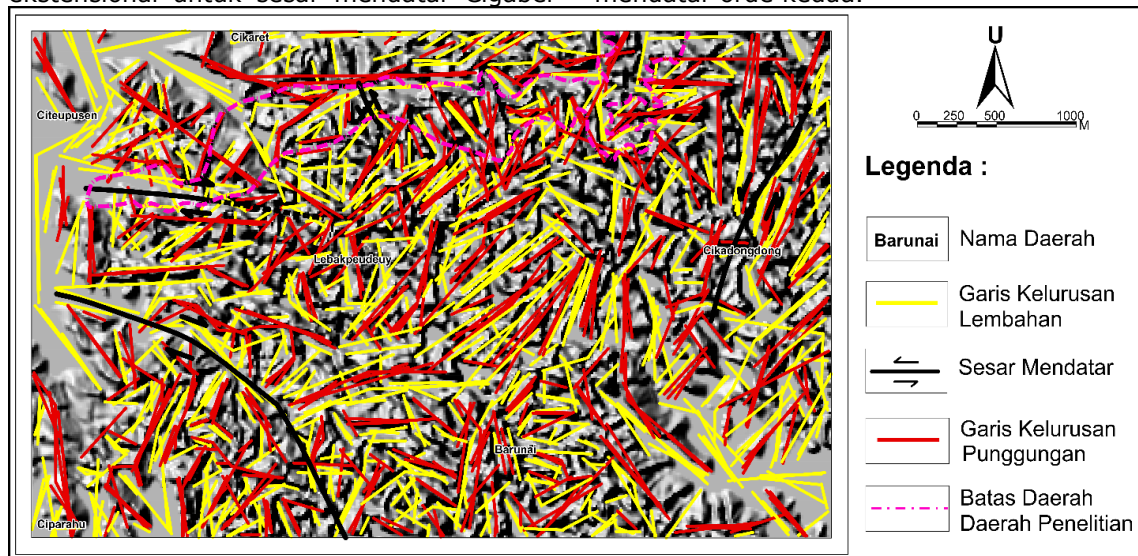
Sesar orde 1, terdapat pada bagian barat di luar daerah penelitian yang memotong litologi breksi vulkanik dengan arah relatif utara selatan dengan rezim tegasan *strike-slip*. Sesar tersebut, diindikasikan memicu keempat sesar mendatar lain. Pada batuan metamorf terdapat dua sesar mendatar yaitu sesar mendatar Cigaber dan sesar mendatar Cisanun.

Sesar mendatar Cigaber dan Cisanun memiliki arah relatif barat - timur dengan pergerakan dekstral normal dan rezim tegasan yang dimiliki berupa rezim ekstensional untuk sesar mendatar Cigaber

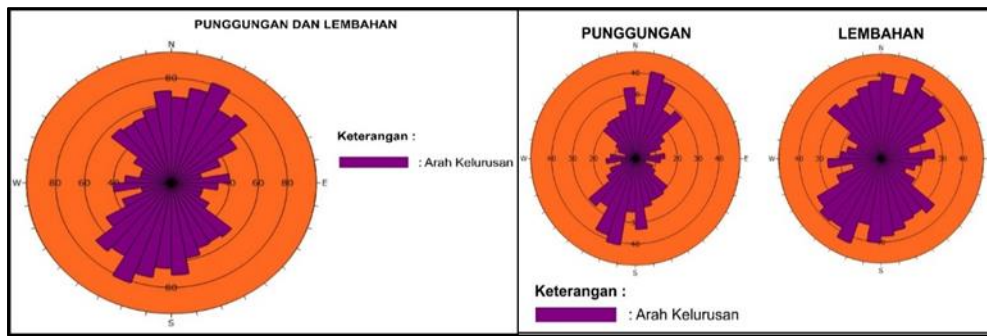
dan *strike-slip* untuk sesar mendatar Cisanun. Sesar mendatar Cigaber ini terletak pada bagian barat batuan metamorf, sedangkan untuk sesar mendatar Cisanun terletak pada bagian timurnya. Kedua sesar tersebut, memiliki umur Miosen Tengah - Pliosen (Ahnaf dkk., 2018)

Lebih lanjut lagi, analisis pola kelurusan punggung dan lembahan pada daerah penelitian dengan mengolah data pola kelurusan yang didapatkan dari citra satelit DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional), didapatkan berarah relatif dominan timurlaut - baratdaya (NE-SW), (Gambar 3, Gambar 4). Hasil pola kelurusan daerah penelitian yang dikorelasikan dengan pola struktur Pulonggono dan Martodjojo (1994), menunjukkan bahwa pola struktur yang berkembang di daerah penelitian mendekati Pola Sunda yang memiliki arah relatif utara-selatan yang terbentuk pada Eosen Awal hingga Oligosen Awal.

Dapat diketahui dari data sesar mendatar dan kelurusan yang telah dibahas serta persebaran batuan metamorf yang teralterasi, bahwa mineralisasi yang terbentuk diindikasikan mengikuti pola struktur sesar mendatar orde kedua yaitu berarah relatif barat-timur. Dari hal tersebut, diindikasikan mineralisasi yang terjadi pada batuan metamorf terbentuk setelah sesar mendatar orde kedua.



Gambar 3. Citra satelit DEMNAS dengan pola garis kelurusan daerah penelitian.



Gambar 4. Diagram mawar penunjuk arah pola kelurusan dan tegasan.

Alterasi di Daerah Penelitian

Untuk mengetahui tipe alterasi hidrotermal dapat dilakukan dengan mengidentifikasi mineral sekunder yang terbentuk pada batuan metamorf. Hal ini, dilakukan pada tujuh belas sampel batuan metamorf di atas permukaan tanah dan terdapat salah satu sampelnya berupa urat kuarsa.

Kehadiran mineral sekunder pada batuan metamorf dapat dibedakan dari karakteristik yang teramati pada saat analisis mikroskopis, dapat dilihat pada (Tabel 2.). Jika mineral primer akan mengikuti foliasi, sedangkan untuk mineral sekunder tidak mengikuti foliasi dan biasanya mengisi celah-celah menjadi *veinlet* atau *stockwork*.

Tabel 2. Kandungan mineral alterasi pada setiap jenis batuan metamorf di daerah penelitian.

JENIS BATUAN	KANDUNGAN MINERAL ALTERASI
Sekis Klorit	Kuarsa Sekunder, Epidot, Klorit, Biotit Sekunder, Serisit, Karbonat, dan Mineral Lempung.
Sekis Biotit Klorit	Epidot dan Serisit.
Sekis Muskovit Klorit	Kuarsa Sekunder, Epidot, Klorit, Serisit, Karbonat, dan Mineral Lempung.
Sekis Biotit Muskovit Klorit	Kuarsa Sekunder, Epidot, Serisit, dan Mineral Lempung.
Sekis Garnet Biotit Muskovit Klorit	Kuarsa Sekunder, Epidot, Klorit, Mineral Lempung, dan Karbonat.
Sekis Aktinolit Klorit	Kuarsa Sekunder, Epidot, Klorit, Biotit Sekunder, Serisit, Karbonat, dan Mineral Lempung.
Urat Kuarsa	Kuarsa Sekunder, Kalsedon, dan Serisit.

Berdasarkan identifikasi tersebut, didapatkan berupa dua zonasi mineral. Dua zonasi mineral pada daerah penelitian, pada umumnya berada pada kawasan bagian barat hingga ke tengah. Untuk kawasan bagian timur daerah penelitian, sampel batuan metamorf yang sangat sedikit ditemukan. Hal tersebut menandakan bahwa, proses alterasi yang terjadi tidak terlalu signifikan. Oleh karena itu, tidak dapat dilakukan zonasi mineral alterasi, dapat dilihat pada (Gambar 5). Seiring bertambahnya pH dan berkurangnya temperatur dua zonasi mineral tersebut adalah sebagai berikut :

1. Zona Epidot - Klorit ± Kuarsa

Zona ini terdapat pada jenis batuan sekis aktinolit klorit, sekis klorit, sekis biotit klorit, sekis muskovit klorit, sekis biotit muskovit klorit, sekis garnet biotit muskovit klorit, dan urat kuarsa sekis biotit muskovit klorit. Lebih lanjut, zona ini dicirikan dengan dominasi kehadiran mineral sekunder berupa epidot, klorit, dan kuarsa sekunder. Selain itu, terdapat mineral sekunder dengan jumlah yang sedikit dan hadir pada beberapa sampel, yaitu biotit sekunder, kalsedon, karbonat, serisit, dan mineral lempung. Intensitas alterasi pada kelompok mineral alterasi ini

adalah lemah hingga sedang (Browne, 1989).

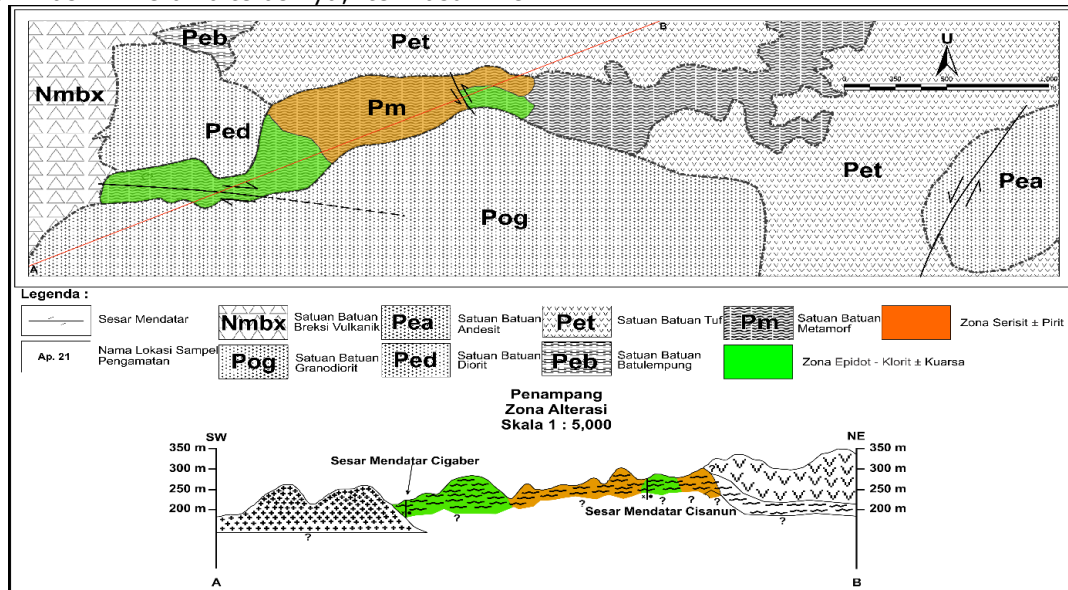
Kehadiran mineral sekunder tersebut, menunjukkan bahwa zona ini diperkirakan terbentuk pada temperatur kestabilan mineral berkisar 280°C - 300°C dengan kondisi pH fluida yang cenderung mendekati netral (Hedenquist dkk., (2000) dan Morrison dkk. (1995). Pada zona ini, terdapat mineral biotit sekunder yang termasuk ke dalam jenis alterasi mineral potasik dengan jumlah mineral yang sedikit (Corbett and Leach , 1997). Oleh karena itu, berdasarkan pada kelimpahan dan dominasi mineral alterasinya, termasuk ke dalam tipe propilitik (Corbett dan Leach, 1997) dengan pH yang mendekati netral berkisar (>7) (Hedenquist dkk., 2000).

2. Zona Serisit ± Pirit

Zona ini, terdapat pada jenis batuan sekis biotit klorit, sekis muskovit klorit, dan sekis biotit muskovit klorit. Zona ini, dicirikan dengan kehadiran mineral sekunder berupa serisit dan pirit dengan tingkat alterasi lemah (Browne, 1989). Kehadiran mineral sekunder tersebut, menunjukkan bahwa zona ini diperkirakan terbentuk pada temperatur stabil berkisar 160°C - 300°C dengan kondisi

pH fluida yang cenderung mendekati asam (Hedenquist dkk., (2000) dan Morrison dkk. (1995). Berdasarkan kelimpahan dan dominasi mineral alterasinya, termasuk ke

dalam tipe filik (Corbett dan Leach, 1997) dengan pH yang mendekati asam berkisar (4,5 - 7) (Hedenquist dkk., 2000).



Gambar 5. Peta zona alterasi daerah penelitian.

Berdasarkan karakteristik yang telah diketahui dari kedua zona alterasi tersebut, pada umumnya berdasarkan perbandingan kehadiran mineral alterasi dengan tingkat pH dan suhu yang mengacu kepada Hedenquist dkk. (2000) dan Morrison dkk. (1995), didapatkan bahwa mineral-mineral alterasi di daerah penelitian pada umumnya cenderung bersifat netral dan memiliki rentang suhu terendah berkisar 160°C hingga suhu tertinggi 300°C.

Kehadiran mineral sekunder berupa mineral lempung, klorit, epidot, biotit, karbonat, serisit, dan kalsedon, pada umumnya didominasi oleh mineral dengan indikasi memiliki pH yang netral. Kedua zona tersebut menandakan bahwa, secara dominansi mineral daerah penelitian merupakan wilayah dengan mineral yang memiliki pH mendekati netral.

Zonasi mineral alterasi daerah penelitian, termasuk ke dalam tipe propilitik dan filik (Corbett dan Leach, 1997). Tipe alterasi propilitik terdiri dari zona epidot - klorit ± kuarsa dan tipe alterasi filik terdiri dari zona serisit ± pirit, dapat dilihat pada (Gambar 5.).

Mineralisasi di Daerah Penelitian

Analisis mineragrafi dilakukan pada tigabelas sayatan poles yang mewakili dari aspek karakteristik litologi, disseminasi sulfida pada batuan, dan alterasi. Berdasarkan karakteristik mineralisasi bijih dan karakteristik mineral alterasi yang telah dianalisis pada daerah penelitian, tahap mineralisasi terbagi menjadi fase sin-metamorfisme (mineral pirit sin-

metamorfisme) dan fase pos-metamorfisme (mineral pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, kovelit, hematit, dan emas). Fase pos-metamorfisme, terbagi menjadi 2 fase, yaitu fase hipogen (pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, dan kovelit) dan fase supergen (hematit). Berdasarkan pada zonasi mineral alterasi, asosiasi mineralisasi, dan temperatur pembentukannya, fase hipogen terbagi menjadi dua tahap, yaitu tahap mineralisasi awal (pirit dan kalkopirit) dan tahap mineralisasi akhir (kalkopirit, sfalerit, bornit, dan kovelit). Kedua fase mineralisasi tersebut, terdapat pada kedua zona alterasi daerah penelitian, dapat dilihat pada (Tabel 3.).

Tekstur mineral bijih yang didapatkan dari daerah penelitian terdiri dari tekstur disseminasi, penggantian (*replacement*), terbentuk bersamaan (*intergrowth*), dan *cavity filling* (Gambar 6.). Mineralisasi bijih yang didapatkan dari daerah penelitian merupakan mineral-mineral sulfida yang terdiri dari pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, dan kovelit serta terdapat juga mineral bijih logam mulia, yaitu emas.

Tekstur *intergrowth* pada analisis ditemukan pada mineral pirit dengan kalkopirit. Berdasarkan Craig dan Vaughan (1994; dalam Ramdohr, 1969), tekstur *intergrowth* menunjukkan bahwa suatu saat, pirit dengan kalkopirit terbentuk bersamaan. Tekstur penggantian (*replacement*) pada analisis mineragrafi ditemukan pada mineral sfalerit yang menggantikan mineral pirit dan kalkopirit, mineral bornit yang menggantikan mineral kalkopirit, dan mineral kovelit yang

menggantikan mineral bornit dan kalkopirit. Tekstur disseminasi dan open *space filling* pada analisis mineragrafi ditemukan pada mineral pirit dan kalkopirit yang hadir mengisi rekahan dan menyebar baik pada mineralisasi sin-metamorfisme dan mineralisasi pos-metamorfisme. Berdasar kan Craig dan Vaughan (1994), tekstur pengisian terjadi akibat adanya mineral lain yang mengisi rekahan atau pori pada mineral yang terbentuk sebelumnya.

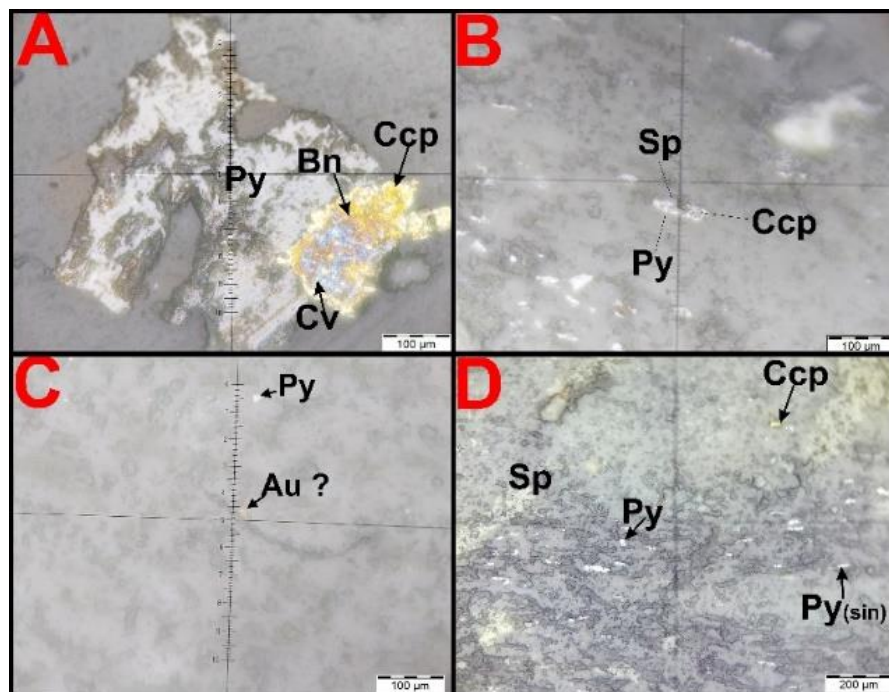
Berdasarkan hasil analisis mineragrafi yang dilakukan menunjukkan bahwa, mineral pirit dan kalkopirit hadir lebih awal dibandingkan dengan mineral bijih lainnya. Mineral pirit memiliki jumlah yang lebih dominan dari mineral kalkopirit. Mineral sfalerit pada umumnya menggantikan mineral pirit, setempat terdapat juga mineral

sfalerit yang menggantikan mineral kalkopirit. Mineral kovelit pada umumnya menggantikan mineral bornit dan mineral bornit menggantikan mineral kalkopirit yang hadir saling melapisi, setempat ditemukan hanya berupa mineral bornit yang menggantikan mineral kalkopirit dan mineral kovelit yang menggantikan mineral kalkopirit. Pada salah satu sayatan poles ditemukan mineralisasi yang diindikasikan sebagai logam mulia berupa emas yang hadir sebagai *free grain* sehingga tidak dapat ditentukan paragenesanya. Pada beberapa sampel juga setempat hadir mineralisasi yang diindikasikan sebagai hasil dari proses sin-metamorfisme yaitu mineral pirit yang hadir secara disseminasi.

Tabel 3. Hubungan litologi, alterasi, dan mineralisasi pada batuan metamorf.

LITOLOGI	ALTERASI		MINERALISASI															
	Propilitik	Filik	Mineral Sulfida							Mineral Oksida	Mineral Gangue							
			Pirit (sin)	Pirit	Kalkopirit	Sfalerit	Bornit	Kovelit	Emas (?)	Hematit	Biotit	Epidot	Klorit	Kuarsa	Karbonat	Serisit	Mineral Lempung	Kalsedon
Sekis Klorit																		
Biotit Klorit																		
Sekis Muskovit Klorit																		
Sekis Biotit Muskovit Klorit																		
Sekis Garnet Biotit Muskovit Klorit																		
Sekis Aktinolit Klorit																		

----- = Jarang
 ----- = Umum



Gambar 6. Tekstur mineral bijih pada sayatan poles (A) *intergrowth* antara mineral pirit (FeS_2) dengan mineral kalkopirit (CuFeS_2) dan tekstur *replacement*, kalkopirit (CuFeS_2) digantikan oleh bornit (Cu_5FeS_4) dan kovelit (CuS) menggantikan bornit (Cu_5FeS_4), (B) *Replacement* antara mineral sfalerit ($(\text{Zn},\text{Fe})\text{S}$) dengan mineral pirit (FeS_2) dan kalkopirit (CuFeS_2), (C) Tekstur *cavity filling*, emas hadir sebagai *free grain*, (D) Teksutr disseminasi dan *cavity filling* mineral pirit (FeS_2) sin-metamorfik dan pos-metamorfik serta kalkopirit (CuFeS_2) hadir mengisi celah-celah mineral.

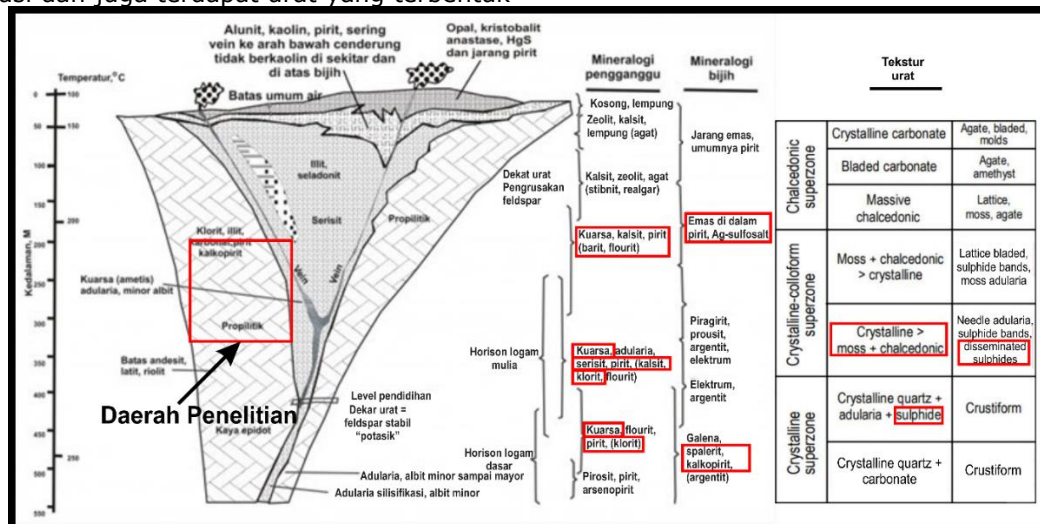
Tipe Endapan Daerah Penelitian

Alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian berlangsung cukup intensif yang terdiri dari kelompok mineral alterasi epidot – klorit ± kuarsa dan kelompok mineral alterasi serisit ± pirit yang termasuk ke dalam tipe alterasi propilitik dan filik (Corbett and Leach, 1997). Sistem hidrotermal yang berkembang pada daerah penelitian diinterpretasikan telah terjadi *overprinting* antar zona alterasi, hal ini menyebabkan sistem yang terjadi menjadi kompleks. Proses tersebut terlihat dari hasil analisis yang telah dilakukan baik pada mineral alterasi dan mineralisasi. Pada mineral alterasi yang telah dianalisis, menunjukkan zona pH yang relatif mendekati netral dengan tahap mineralisasi yang diduga terbentuk pada dua fase yang berbeda yaitu fase sin-metamorfisme dan fase pos-metamorfisme. Fase pos-metamorfisme terbagi lagi menjadi dua, yaitu fase hipogen yang terdiri dari asosiasi mineral pirit – kalkopirit – sfalerit – bornit – kovelit ± Au dan fase supergen yang hanya terdiri dari hematit.

Asosiasi mineral alterasi, mineralisasi, dan mineral *gangue* dapat membantu dalam menginterpretasi mengenai karakteristik fluida yang membentuk endapan. Daerah penelitian, diindikasikan terbagi menjadi dua jenis fluida, yaitu fluida pada saat proses orogenesis berlangsung dan fluida magmatik yang tercampur dengan fluida meteorik. Hal tersebut, dapat diindikasikan karena terdapat karakteristik urat yang terbentuk searah foliasi dan juga terdapat urat yang terbentuk

memotong foliasi. Suhu pembentukan mineral alterasi dan mineral *gangue* ditentukan berdasarkan kisaran suhu kestabilan pembentukan mineral White dan Hedenquist (1995) dan Morrison dkk. (1995) Berdasarkan tabel kisaran suhu pembentukan tersebut dapat diketahui bahwa suhu pembentukan mineral-mineral bijih berkisar pada 160°C – 300°C. Secara umum pH fluida pada pembentukan mineral-mineral tersebut berada pada keadaan relatif mendekati netral.

Penentuan tipe endapan daerah penelitian ditentukan berdasarkan karakteristik dari tipe endapan yang ditemukan pada permukaan. Tipe endapan yang teridentifikasi pada daerah penelitian didominasi oleh tipe endapan epitermal sulfidasi menengah dengan logam dasar berupa Cu, Zn, dan Au, dapat dilihat pada (Gambar 7.). Hal tersebut, dapat teridentifikasi karena dibandingkan dengan karakteristik endapan di daerah penelitian yang ditinjau dalam segi aspek variasi tekstur urat, geologi (struktur dan stratigrafi), asosiasi mineral sulfida, dan oksida beserta teksturnya yang dikorelasikan pada penelitian Wang dkk., (2019) (Tabel 4). Berdasarkan data struktur geologi pada daerah penelitian, dapat diindikasikan untuk mineralisasi tipe endapan sistem hidrotermal diduga terbentuk searah dengan sesar mendatar orde 2 yaitu barat – timur dengan perkiraan terjadi setelah sesar mendatar orde 2 terbentuk yaitu pada rentang waktu Miosen – Pliosen.



Gambar 7. Perkiraan posisi mineralisasi pada daerah penelitian berdasarkan model mineralisasi-alterasi Buchanan (1981).

Tabel 4. Karakteristik alterasi-mineralisasi sistem endapan epitermal sedang pada daerah penelitian berdasarkan Wang dkk. (2019).

KARAKTERISTIK	SULFIDASI MENENGAH (Wang dkk., 2019)	DAERAH PENELITIAN
BATUAN HOST	Piroklastik intermediet – asam, sekis, <i>slate</i> , dan batuan sedimen.	Sekis klorit, sekis biotit klorit, sekis muskovit klorit, sekis biotit muskovit klorit, sekis garnet biotit muskovit klorit, dan sekis aktinolit klorit.
KONTROL STRUKTUR	Sesar normal dan sesar mendatar dengan gaya ekstensional (<i>post collision extensional</i>).	Sesar mendatar (orde 2) (kompresi dan ekstension)
ALTERASI	Serisit, mineral lempung, karbonat, regional propilitik dan alterasi argilik disekitar urat kuarsa ± karbonat ± adularia.	Silisifikasi, serisitik (filik), dan propilitik.
TEMPERATUR	200°C - 300°C	160°C - 300°C
PH	pH fluida asam hingga mendekati netral.	pH fluida mendekati netral.
MINERAL BIJIH	Pirit, Au – Ag sulfides/sulfosalts, sfalerit, galena, kalkopirit, bornit, terahidrit/tenantit, elektum, dan <i>native gold silver</i> .	Pirit, kalkopirit, sfalerit, <i>native gold</i> ?, bornit, kovelit, dan hematit.
MINERAL GANGUE	Kuarsa, serisit, karbonat, adularia, anhidrit, hematit, kalsedon, illit, klorit, hematit, dan barit.	Mineral lempung, kuarsa, karbonat, serisit, klorit, epidot, biotit, dan kalsedon.
KARAKTERISTIK MINERALISASI	Diseminasi, penggantian, dominan vein, breksia dan <i>stockwork</i> .	Diseminasi, <i>cavity filling</i> , dan <i>replacement</i> .
TEKSTUR URAT	<i>Fine bands, coarse bands, massive quartz, crustiform, vuggy quartz</i> dan <i>comb quartz</i> .	<i>Vuggy, stockwork, sugary, mosaic, comb</i> dan <i>flamboyant</i> , dan <i>feathery</i> .
LOGAM EKONOMIS	Au – Ag, Zn – Pb, dan Cu.	Au, Cu, dan Zn.

Selain epitermal sulfidasi menengah, terdapat adanya endapan orogenik. Mineralisasi pada saat proses orogenik dicirikan dengan mineral bijih yang mengikuti foliasi berasosiasi dengan mineral *gangue* yaitu klorit dan memiliki karakteristik urat/*veinlet* yang sejajar dengan arah foliasi. Mineral bijih yang terbentuk mengikuti arah foliasi berupa mineral pirit.

Mineral pirit merupakan mineral yang dapat terbentuk di berbagai tipe endapan emas dan merupakan mineral utama dalam kerak bumi (Deditius dkk., 2014; dalam Yang dkk., 2016). Kehadiran mineral pirit yang berlimpah dapat mengindikasikan pembentukan endapan emas secara epigenetik seperti yang terjadi pada daerah Afrika Timur- Neoproterozoikum dan Provinsi Abitibi-Arkan (Goldfarb dan Pitcairn, 2022). Pada daerah Jiaodong dan Xiancheng memiliki mineralisasi pirit yang berasosiasi dengan mineral logam Au dan memiliki tipe endapan berupa endapan orogenik epizonal (Yang dkk., 2016).

Dapat diindikasikan bahwa, tipe endapan orogenik yang terbentuk pada daerah penelitian jika dikorelasikan dengan penelitian terdahulu termasuk ke dalam tipe endapan orogenik Kapur - Paleogen (150-50 Ma) (Lindgren, 1907;1993; dalam Groves dkk., 1998 dan Robb, 2005).

Berdasarkan Lindgren 1907 (1993, dalam Groves dkk., 1998) dan Robb (2005), tipe endapan orogenik ini, memiliki karakteristik berupa suhu yang terbentuk berkisar 150 - 300°C, terbentuk pada kedalaman 6 km di bawah permukaan, berasosiasi dengan batas lempeng konvergen yang memiliki pergerakan tektonik berupa kompresional hingga transpresional, memiliki batuan induk berupa fasies greenschist yang berasal dari metamorfisme *shale* di laut yang tebal, dan mineralisasi yang terbentuk diinterpretasikan pada tahap Kapur-Paleogen(150-50Ma)(Robb,2005).

Mineralisasi tipe endapan orogenik ini, diduga terbentuk pada saat proses orogenesis berlangsung. Diindikasikan proses terbentuknya tipe endapan orogenik ini, pada periode Orogenik 1 di daerah penelitian yaitu pada Awal Oligosen – Awal Miosen (van Bemmelen, 1949; dalam Ahnaf dkk., 2018). Namun, hasil dari interpretasi tipe endapan orogenik ini masih berupa pendugaan. Untuk meneliti lebih akurat, diperlukan lebih lanjut dan metode yang lebih mendalam agar dapat mengetahui secara pasti mengetahui dan mengidentifikasi di mana tipe endapan orogenik di daerah penelitian terbentuk.

KESIMPULAN

Setelah seluruh rangkaian penelitian dilakukan, pada daerah penelitian tersusun atas 6 jenis batuan metamorf, yaitu batuan sekis klorit, sekis biotit klorit, sekis muskovit klorit, sekis biotit muskovit klorit, dan sekis aktinolit klorit serta terdapat urat kuarsa yang ditemukan pada batuan sekis biotit muskovit klorit. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian pada batuan metamorf, berupa sesar mendatar yaitu sesar mendatar Cigaber dan Cisanun. Sesar mendatar tersebut memiliki arah relatif barat-timur dengan umur diperkirakan pada Miosen Tengah – Pliosen.

Mineral ubahan di daerah penelitian didominasi oleh mineral epidot, klorit sekunder, kuarsa sekunder, serisit, dan pirit yang terbagi menjadi dua zona mineral alterasi, yaitu zona epidot – klorit $\pm$ kuarsa (tipe propilitik) dan zona serisit $\pm$ pirit (tipe filik).

Mineralisasi mineral bijih di daerah penelitian teridentifikasi terbagi menjadi asosiasi mineral bijih pos-metamorfik dan asosiasi mineral bijih sin-metamorfik dengan tekstur mineral bijih yang berkembang berupa *intergrowth*, *replacement*, *diseminasi*, *cavity filling*, dan *free grain*. Mineral bijih pos-metamorfik terdiri dari mineral sulfida (pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, dan kovelit) dan mineral oksida (hematit). Lebih lanjut, untuk mineral bijih sin-metamorfik terdiri dari mineral pirit yang terbentuk mengikuti arah foliasi batuan.

Tipe endapan yang terbentuk di daerah penelitian terbagi menjadi dua tipe endapan yaitu tipe endapan sistem hidrotermal dan diduga sebagai tipe endapan orogenik. Pada umumnya tipe endapan di daerah penelitian, didominasi oleh tipe endapan hidrotermal. Tipe endapan hidrotermal yang terbentuk di daerah penelitian adalah tipe endapan epitermal sulfidasi menengah. Penentuan tipe endapan orogenik ini, masih berupa pendugaan karena ditemukannya berupa mineral pirit yang terbentuk mengikuti arah foliasi yang berasosiasi dengan mineral gang berupa klorit dan terdapat urat/vein yang terbentuk sejajar arah foliasi batuan metamorf.

Berdasarkan data struktur geologi pada daerah penelitian, dapat diindikasikan kemungkinan mineralisasi pada daerah penelitian terbentuk searah dengan sesar mendatar orde 2 yaitu barat – timur dengan perkiraan terjadi setelah sesar mendatar orde 2 terbentuk yaitu pada rentang waktu Miosen – Pliosen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah S.W.T dan mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait, diantaranya adalah Laboratorium Petrologi dan Mineralogi atas pemberian izin dalam penggunaan ruangan dan alat, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian tugas akhir, dan kepada Universitas Padjadjaran yang telah memberikan dana riset dosen unggul.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahnaf, Jemi S., Patonah, A., Permana, H., dan Ismawan., 2018. Structure and Tectonic Reconstruction of Bayah Complex Area, Banten. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 3(2), 77-85.
- Browne, P.R.L, 1989. Hydrothermal Alteration and Geothermal Systems, Lecture Handout Auckland: Geothermal Institute.
- Buchanan, L.J., 1981. Hydrothermal systems in volcanic arcs. in Hedenquist, S.W., Lecture Note of Short Course. 141pp.
- Bucher, K., Grapes, R., 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer Science & Business Media.
- Corbett, G.J., dan Leach, T.M., 1997. Southwest Pacific Rim Gold – Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. Short Course Manual.
- Corbett, G.J., dan Leach., T.M., 1996 . Southwest Pacific Rim Gold Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization. Manual for an Exploration Workshop : Jakarta.
- Corbett, G.J., 2002. Epithermal Gold For Explorationists. Australia : AIG Journal-Applied Geoscientific Practice and Research.
- Corbett, G. dan Leach T.M., 1998. Southwest Pacific Rim Gold-copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. Townville : A Workshop Presented for the Society of Exploration Geochemists.
- Craig, J.R. dan Vaughan, D.J., 1994. Ore Microscopy and Ore Petrography. Wiley : New York.
- Dana, C.D.P., Idrus, Arifudin., Yuniardi, Feddy., Meak, I.A., dan Langkoke, Rohaya., 2018. Mineralogi dan Tekstur Endapan Emas Epitermal Sulfidasi Rendah-Menengah Daerah Cibeber, Kompleks Kubah Bayah, Provinsi Banten. Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-11, 695-706.
- Earle, S., 2015. Physical Geology. B.C. Campus Victoria, B.C. , CANADA

- Filayati, M.Q., Patonah, A., dan Haryanto, I., 2018. Struktur Geologi Daerah Cikadongdong dan Sekitarnya, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 2(3), 169-177.
- Goldfarb, Richard J., dan Pitcairn, Iain., 2022. Orogenic gold: is a genetic association with magmatism realistic?. *Mineralium Deposita* (2023) 58:5–35.
- Groves, D.I; Goldfarb R.J; Gebre-Mariam, M; Hagemann, S.G; Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Western Australia: Elsevier. *Ore Geology Review*, 7-27.
- Guilbert, J. M., dan Park, C. F., 1986. *The Geology of Ore Deposits*. New York : W.H.Freeman and Company.
- Hass, J.L., 1971. The Effect of Salinity on the Maximum Thermal Gradient of a Hydrothermal System at Hydrostatic Pressure. *Economic Geology*, 66, 940-946.
- Hedenquist, J., dan Reid, F. W., 1985. *Ephothermal Gold. The Earth resources Foundation, University of Sydney. Engineering and Information Technology*. 8. 2135.
- Hedenquist, J., Arribas R, A., Gonzales U, E., 2000. Exploration for Epithermal Gold Deposit. *SEG Reviews Vol. 13*, 245-277.
- Hidayat, W., Sutarto., Betras. A., dan Sutanto., 2017. Tekstur Urat dan Kehadiran Emas Pada Endapan Epitermal Daerah Cipangleseran, Desa Citorek, Kecamatan Cibeber, Kabupaten Lebak. Seminar Nasional Kebumian XII, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta, 140-150.
- Idrus, A., Nur, I., Warmada I.W., Fadlin., 2011. Metamorphic Rock-Hosted Orogenic Gold Deposit Type as a Source of Langkowala Placer Gold, Bombana, Southeast Sulawesi. *Makasar. Jurnal Geologi Indonesia*, 6(1), 43-49.
- Morrison, G.W., Guoyi, D., dan Jaireth, S., 1995. Textural Zoning in Epithermal Quartz Vein. *Townsville: Klondike Exploration Services*.
- Morrison, G.W., Dong, G., dan Jaireth, S., 1990. Textural zoning in epithermal quartz veins. *Australia : Klondike Exploration Services, Townsville*.
- Patonah, A dan Syafri, I., 2014. Karakteristik Batuan Metamorf Bayah di Desa Cigaber, Kabupaten Lebak, Provinsi Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, 12(2), 92-98.
- Patonah, A dan Permana, H., 2018. Basement Characteristic Western Part of Java, Indonesia; Case Study in Bayah Area, Banten Province. *International Journal on Advanced Science*.
- Patonah, A., Syafri, I., Yuningsih, E.T., 2020. *Petrotektonik Batuan Metamorf Jawa Bagian Barat ; Studi Kasus Kompleks Batuan Metamorf di Kubah Bayah, Banten. Laporan Usulan Riset Disertasi Dosen Unpad. Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung. Tidak dipublikasi*.
- Pracejus, B., 2015. *The Ore Minerals Under Microscope, An Optical Guide* (Second Edition). Oman: Elsevier.
- Prihatmoko, S dan Idrus, A. 2020. Low-sulfidation epithermal gold deposits in Java, Indonesia: Characteristics and linkage to the volcano-tectonic setting. Elsevier. *Ore Geology Review*, 121, 1-19.
- Pulunggono dan Martodjojo, S., 1994. Perubahan Tektonik Paleogen – Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa. *Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*. Yogyakarta: NAFIRI.
- Rahmawati, S., Nugroho, H., Widiarso, D. A., dan Verdiansyah, O., 2013. Hubungan Kondisi Geologi Terhadap Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi Pada Endapan Epitermal Daerah Bunikasih, Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. *Geological Engineering E-Journal*, 5, 449-467.
- Randive, K., Hari, K. R., dan Dora, M. L., 2014 . *Study of Fluid Inclusions : Methods, Techniques and Applications. The Gondwana Geological Society: Gondwana Geological Magazine*, 29(1-2), 19-28.
- Ramdohr, P., 1969 . *The Ore Minerals and Their Intergrowths*. Jerman : Elsevier, Pergamon Press.
- Robb, L., 2005. *Introduction to Ore-Forming Process*. UK: Blackwell Publishing company.
- Rosana, M.F., Matsueda, H., 2002. Cikidang hydrothermal gold deposit in western Java, Indonesia. *Resour. Geol.* 52, 341–352.
- Sujatmiko dan Santosa., 1992 . *Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa, skala 1:100.000, Peta Geologi Bersistem Indonesia*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Taylor, R. D., Goldfarb, R. J., Monecke, T., Fletcher, I. R., Cosca, M. A., Kelly, N. M., 2015. Application of U-Th-Pb Phosphate Geochronology to Young Orogenic Gold Deposits: New Age Constraints on the Formation of the Grass Valley Gold District, Sierra Nevada Foothills Province, California. *Economic Geology*, 110(5), 1313–1337.
- Termizi, M. H. I. B. A., Setiawan, N. I., Warmada, I. W., 2017. Orogenic Gold Mineralization on Loning River Area, Luk Ulo Complex Karangsambung, Central

- Java, Indonesia. Proseding Seminar Nasional Kebumihan ke-10. 967-979.
- Thompson, A.J.B. dan Thompson, J.F.H., 1996. Atlas of alteration, a field and petrographic guide to hydrothermal alteration minerals. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division.
- Uytenbogaardt., dan Burke, E.A.J., 1971. Tables for Microscopic Identification of Ore Minerals. Amsterdam. Institute of Earth Sciences, Free University.
- van Bemmelen, R.W., 1949. The Geology of Indonesia – Vol. 1A. Netherlands: Government Printing Office, Martinus Nijhoff, The Hague.
- Wang, Le., Qin, Ke-Zhang., Song, Guo-Xue., dan Li, Guang Ming., 2019. A review of intermediate sulfidation epithermal deposits and subclassification. Elsevier. Ore Geology Review, 107, 434-456.
- White, N.C., dan Hedenquist, J.W., 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. Society Economic Geologist Newsletter, 23.
- Yang, L.Q., Deng, J., Wang, Z.L., Guo, L.N., Li, R.H., Groves, D.I., Danyushevskiy, L., Zhang, C., Zheng, X.L., Zhao, H., 2016. Relationships between gold and pyrite at the Xincheng gold deposit, Jiaodong Peninsula, China: implications for gold source and deposition in a brittle epizonal environment. Economic Geology 111, 105–126.

