



IDENTIFIKASI TIPE ALTERASI DAN MINERALISASI BERDASARKAN HASIL LOGGING INTI BOR, ANALISIS XRD DAN MIKROSKOPIS, DAERAH DMLZ DISTRIK ERTSBERG MIMIKA, PAPUA

IDENTIFICATION OF ALTERATION TYPES AND MINERALIZATION BASED ON DRILL CORE LOGGING, XRD, AND MICROSCOPIC ANALYSIS, DMLZ AREA, ERTSBERG DISTRICT, MIMIKA, PAPUA

Lanna Latashilulrohima¹, Sabtanto J Suprpto¹, Fiati Nurmaya¹, Benny Bensaman¹ Tatik Handayani², Kurniawan³, Firdaus Apriadi³

¹Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung

²Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas bumi

³PT.Eksplorasi Nusa Jaya

Korespondensi : lannarohimah@gmail.com

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Kata kunci: *Skarn*,
Alterasi, Mineralisasi,
XRD, Petrografi,
Mineragrafi, Deep Mill
Level Zone (DMLZ)

Daerah penelitian terletak di Distrik Tambang Ertsberg, Deep Mill Level Zone (DMLZ), PT Freeport Indonesia. Tipe cebakan tambang DMLZ berupa *skarn*, mengandung tembaga dan emas, terbentuk pada zona kontak antara batugamping dolomitan Formasi Waripi yang diterobos oleh Batuan Intrusi Ertsberg. Tujuan dari pada penelitian ini untuk mengidentifikasi alterasi mineralisasi dan juga tipe deposit bijih pada daerah penelitian. Metodologi penelitian meliputi pemetaan alterasi, dan analisis laboratorium menggunakan metode XRD, petrografi, dan mineragrafi. Alterasi yang teridentifikasi di daerah penelitian meliputi zona *phyllitic* dengan himpunan mineral silika, serisit, dan kalsit, zona *propylitic* dengan mineral klorit, epidot, smektit, dan illit, zona *exoskarn* yang mengandung mineral klorit, kuarsa, garnet, dan wollastonit, zona *endoskarn* dengan himpunan mineral

fluorit, anhidrit, klorit, wollastonit, dan dolomit, serta zona *potasic* yang terdiri dari mineral klorit, kuarsa, biotit, kalsit, muskovit, k-feldspar, magnetit, dan mika.

Mineral bijih yang teridentifikasi di area penelitian terdiri oleh mineral sulfida. Komposisi mineral meliputi pirit (FeS), kalkopirit (CuFeS_2) dan bornit (Cu_5FeS_4), kovelit (CuS), galena (PbS) dan sfalerit (ZnS), serta molibdenit (MoS_2). Daerah penelitian DMLZ Distrik Erstberg berdasarkan karakteristik yang teridentifikasi menunjukkan deposit bijih tipe *porfiri*, *endoskarn*, dan *eksoskarn*.

INFO ARTIKEL

ABSTRACT

Keywords:

Skarn, Alteration, Mineralization, XRD, Petrography, Mineragraphy, Deep Mill Level Zone (DMLZ)

The research area is located in the Ertzberg Mining District, PT Freeport Indonesia, Deep Mill Level Zone (DMLZ). The type of DMLZ mining deposit is skarn, containing copper and gold, formed in the contact zone between the dolomitic limestone of the Waripi Formation which is intruded by the Ertzberg intrusive rock. The purpose of this study is to identify mineralization alteration and also the type of ore deposit in the research area. The research methodology includes alteration mapping, and laboratory analysis using XRD, petrography, and mineragraphy methods. Alterations identified in the research area include phyllic zones with mineral assemblages silica, sericite, and calcite, propylitic zones with minerals chlorite, epidote, smectite, and illite, exoskarn zones containing minerals chlorite, quartz, garnet, and wollastonite, endoskarn zones with mineral assemblages fluorite, anhydrite, chlorite, wollastonite, and dolomite, and potassic zones consisting of minerals chlorite, quartz, biotite, calcite, muscovite, k-feldspar, magnetite, and mica. Ore minerals identified in the research area consist of sulfide minerals. The mineral composition includes pyrite (FeS), chalcopyrite (CuFeS_2) and bornite (Cu_5FeS_4), covellite (CuS), galena (PbS) and sphalerite (ZnS), and molybdenite (MoS_2). The DMLZ Erstberg District research

area based on the identified characteristics shows porphyry, endoskarn, and exoskarn type ore deposits.

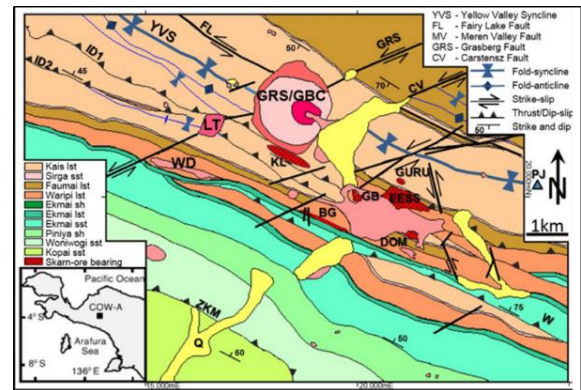
PENDAHULUAN

Di Papua terdapat subduksi antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik sehingga menghasilkan struktur geologi yang merupakan zona lemah sehingga menjadi tempat terjadinya intrusi magma membawa mineral-mineral logam. PT Freeport Indonesia salah satu perusahaan pertambangan di Indonesia yang menambang dan memproses bijih menghasilkan konsentrat yang mengandung tembaga (Cu), emas (Au) dan perak (Ag).

Daerah penelitian terletak di Distrik tambang Ertsberg, PT Freeport Indonesia, tepatnya di salah satu tambang bawah tanah yang dinamakan Deep Mill Level Zone (DMLZ). Tambang DMLZ merupakan tambang bawah tanah yang terletak paling bawah yaitu pada kedalaman sekitar 2.850 – 2.700 m. Tipe cebakan tambang DMLZ adalah tipe *skarn* yang mengandung tembaga dan emas, terbentuk pada kontak antara batugamping dolomit Formasi Waripi yang diterobos oleh batuan intrusi Ertsberg. Tujuan dari pada penelitian ini adalah identifikasi alterasi mineralisasi dan juga tipe deposit bijih pada Tambang DMLZ.

Geologi Regional

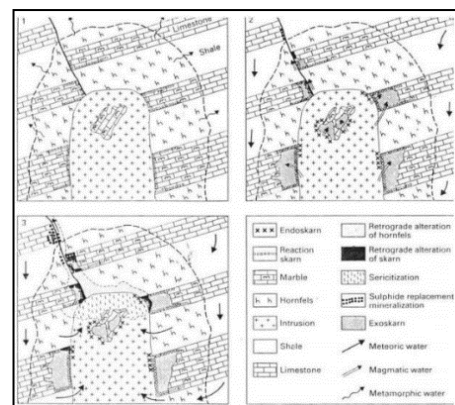
Daerah penelitian berlokasi pada Distrik Ertsberg yang dimana secara administratif termasuk kedalam Kabupaten Mimika, Provinsi Papua, Indonesia. Secara regional, Distrik Ertsberg memiliki susunan stratigrafi yang didominasi oleh batuan sedimen siliklastik dan karbonat, yang berasal dari Kelompok Kemblangan (berumur Mesozoik) serta Kelompok New Guinea (berumur Tersier), mencerminkan evolusi geologi yang kompleks di wilayah tersebut



Gambar 1. Peta Geologi Regional Distrik Pertambangan Ertsberg (Sunyoto, 2015)

Tipe-tipe Skarn

Berdasarkan dari jenis batuan asalnya, skarn terbagi menjadi *endoskarn* dan *eksoskarn*. *Endoskarn* merupakan skarn yang terbentuk pada batas atau di dalam batuan beku itu sendiri. *Eksoskarn* merupakan skarn yang terbentuk pada batuan sedimen di sekitar intrusi batuan beku (Gambar 2).

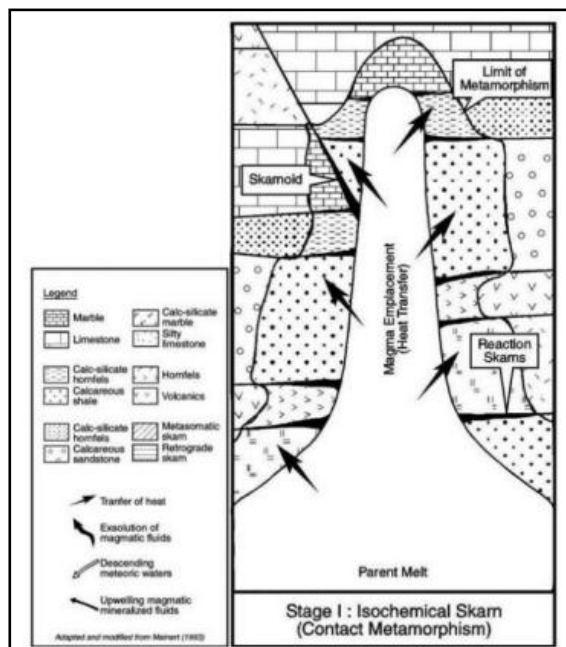


Gambar 2. *Endoskarn* dan *Eksoskarn* Dalam Tahap Pembentukan Endapan Skarn (Evans, 1993).

Skarn Berdasarkan Jenis Mineral

Berdasarkan jenis mineral yang ada, skarn terbagi menjadi dua, yaitu skarn *prograde* dan skarn *retrograde*. Skarn *prograde* merupakan skarn yang terbentuk pada fase awal dan umumnya ditemukan mineral-mineral yang terbentuk pada temperatur tinggi seperti garnet, klinopiroksen, vesuvianit, dan wollastonit. Sedangkan skarn *retrograde* merupakan

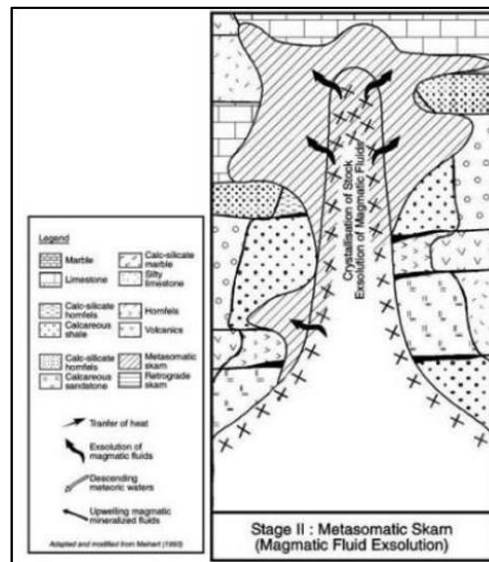
skarn yang terbentuk pada fase pendinginan, terbentuk pada suhu rendah, dan umumnya tersusun oleh serpentin, amfibol, tremolite, epidot, klorit, dan kalsit (Corbett & Leach, 1997).



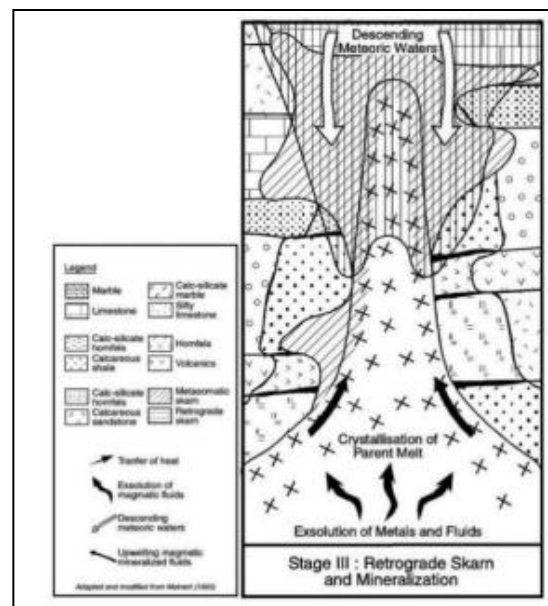
Gambar 3. Tahap 1 Prograde: Skarn Isokimia (Corbet, et al., 1997).

Tahap pembentukan endapan *Skarn* ini melibatkan perkembangan metamorfisme kontak yang bersifat isokimia (Proses kimia yang tidak mengubah unsur yang ada didalamnya) (Gambar 2). Pada tahap ini merupakan awal dari reaksi skarn pada batuan karbonat. Metamorfisme kontak memiliki temperatur pada kisaran 500- 900°C (Gambar 3). Tahap ini termasuk dalam tahap awal dari pembentukan endapan skarn, yaitu adanya transfer panas, fluida dan logam dari tubuh pluton yang mendingin ke batuan yang ada di dinding sekitarnya. Infiltrasi cairan juga terjadi di metasomatism ke dalam batuan karbonat, sehingga membentuk besi (Fe) yang mengandung sangat sedikit silika dan besi (Fe) kaya akan kandungan garnet dan piroksen kaya akan besi (Fe) (Gambar 4). Tahap ini berlangsung pada temperatur antara 400- 600°C. Pada tahap inilah bijih endapan skarn terbentuk. Karena unsur bijih seperti Au, Cu, Ag, Zn lebih umum

untuk terpresipitasi saat terjadi penurunan temperatur yang ada atau pada tahap pendinginan (Gambar 5).



Gambar 4. Tahap 2: Skarn Metasomatik (Corbet, et al., 1997).



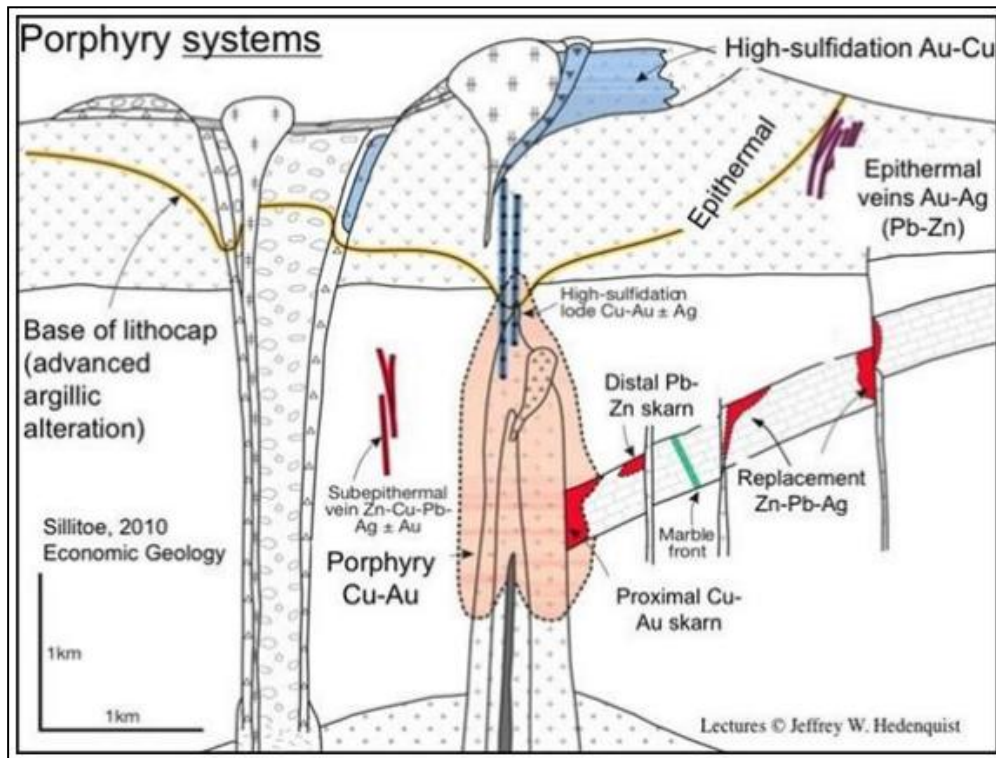
Gambar 5. Tahap 3: Skarn *Retrograde* & Mineralisasi (Corbet, et al., 1997).

Skarn Berdasarkan Jarak dari Sumber Panas

Endapan skarn dapat terbagi berdasarkan jarak lokasi pembentukannya dengan sumber panas, yaitu skarn proksimal dan skarn distal. Skarn proksimal merupakan skarn yang jarak lokasi pembentukannya dari sumber

panas/intrusi batuan beku. Sedangkan skarn distal merupakan skarn yang jarak

lokasi pembentukannya jauh dari sumber panas/intrusi batuan beku (Gambar 6).



Gambar 6. Porphyry Systems (Sillitoe, 2010).

METODOLOGI

Data pada penelitian ini menggunakan data sekunder dan juga data primer. Data sekunder mencakup informasi geologi regional, sementara data primer diperoleh dari data *logging*, serta didapatkan analisis laboratorium menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD), petrografi, dan mineragrafi. Pada analisis ini dilakukan di Pusat Sumber Daya Mineral, Batu Bara, dan Panas Bumi (PSDMBP).

Sebanyak lima sampel batuan teralterasi dianalisis menggunakan metode (XRD) untuk mengidentifikasi komposisi mineral melalui karakterisasi struktur kristal dan ukuran kristal. Analisis ini bertujuan menentukan jenis mineral alterasi yang terdapat dalam sampel berdasarkan pola difraksi sinar-X yang dihasilkan (Gambar 7).



Gambar 6. Preparasi Sampel XRD

Sebanyak tiga sampel petrografi dianalisis melalui pengamatan sayatan tipis di bawah mikroskop polarisasi. Metode ini memungkinkan identifikasi mineral alterasi berdasarkan karakteristik optik sekaligus klasifikasi batuan melalui komposisi mineral dan teksturnya.

Analisis mineragrafi dilakukan pada satu sampel mineral bijih sulfida menggunakan mikroskop refleksi untuk mengidentifikasi asosiasi mineral bijih dan karakteristik teksturnya melalui pengamatan sifat reflektansi pada sampel polesan (Gambar 9).



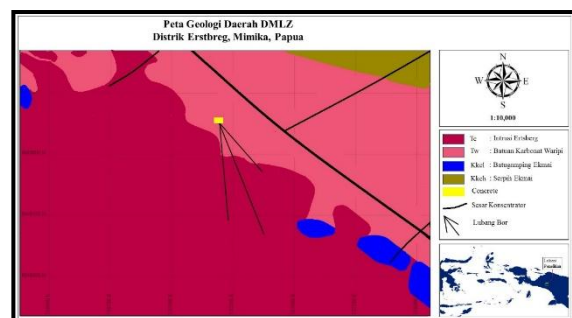
Gambar 7. Analisis Mineragrafi

Pengeboran eksplorasi pada tiga titik bor ini diberi dengan nomor lubang TE0711, TE0713, dan TE0714, ke arah tenggara daerah penelitian dari tambang terbuka Grasberg dengan kedalaman lubang bor 300 meter sampai 600 meter. Dari hasil pengeboran didapatkan log litologi, alterasi, dan mineralisasi. Sampel yang diambil berjumlah lima dengan kode L01, L02, L03, L04, dan L05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian yaitu DMLZ merupakan bagian dari area Komplek Pertambangan PT. Freeport Indonesia, tepatnya berada pada lokasi Mimika, Papua. Sebagian besar daerah penelitian ini disusun oleh litologi yang terdiri dari diorit, dolomit, hornfels (Gambar 10).



Gambar 8. Peta geologi (PT.FI, 2015)

Log Inti Bor

Berdasarkan hasil *logging* inti bor pada lubang no—TE0711, TE0713, dan TE0714. Diperoleh litologi batuan diorit (Gambar 11) (Gambar 12) (Gambar 13) dan dolomit (Gambar 14) (Gambar 15).

Terdapat alterasi argilik yang dicirikan oleh mineral kaolin dan smektit. zona *phyllic* dengan himpunan mineral silika, serisit, dan kalsit, zona *propylitic* dengan mineral klorit, epidot, smektit, dan illit, zona *eksoskarn* yang mengandung mineral klorit, kuarsa, garnet, dan wollastonit, zona *endoskarn* dengan himpunan mineral fluorit, anhidrit, klorit, wollastonit, dan dolomit, serta zona *potasic* yang terdiri dari mineral klorit, kuarsa, biotit, kalsit, muskovit, k-feldspar, magnetit, dan mika. Zona mineralisasi yang diperoleh dari hasil pengeboran berupa skarn dicirikan oleh adanya pirit (FeS), kalkopirit (CuFeS₂) dan bornit (Cu₅FeS₄), kovelit (CuS), galena (PbS) dan sfalerit (ZnS), serta molibdenit (MoS₂).



Gambar 9. Pada lubang bor TE0711 kedalaman 204,10 s.d 208,56 m. Memperlihatkan diorit, terdapat mineral pada zona *phyllic* mineral silika, serisit, dan kalsit.



Gambar 10. Pada lubang bor TE0713 kedalaman 281,70 m s.d 362,70 m. Memperlihatkan diorit, terdapat mineral pada zona *propylitic* Mineral klorit, epidot, smektit, dan illit.



Gambar 11. Pada lubang bor TE0714 kedalaman 5,25 m s.d 9,70 m. Memperlihatkan diorit, terdapat mineral pada zona *eksoskarn* Mineral opa, klorit, quartz, garnet dan wollastonite.



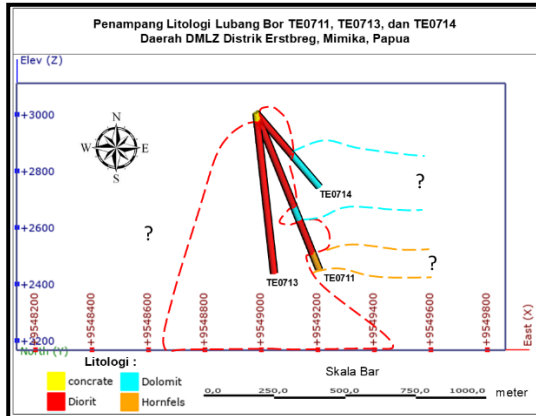
Gambar 12. Pada lubang bor TE0714 kedalaman 432,50 m s.d 459,50 m. Memperlihatkan dolomit, terdapat mineral pada zona *endoskarn* mineral flourit, opa, anhidrit, klori wollastonit dan dolomit.



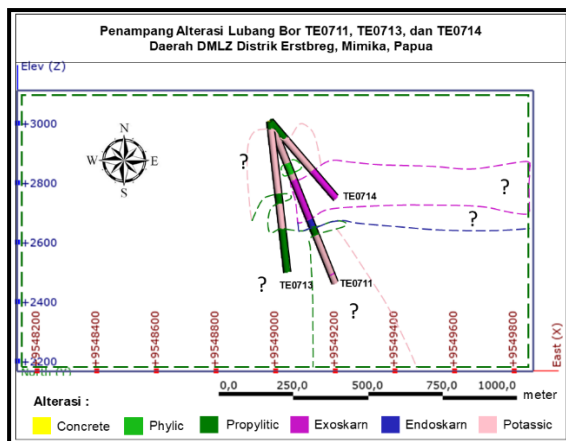
Gambar 13. Pada lubang bor TE0714 kedalaman 368,10 m s.d 372,60 m. Memperlihatkan dolomit, terdapat mineral pada zona *potasic* mineral klorit, quartz, biotit, kalsit, muskovit, k-feldspar, magnetit, dan mika.

Hasil *logging* litologi, diperoleh dolomit, hornfels, dan diorit (Gambar 16).

Sedangkan dari hasil logging alterasi, diperoleh zona filik, propilitik, eksoskarn, *endoskarn*, dan potasik (Gambar 17).



Gambar 14. Penampang litologi lubang bor TE0711, TE0713, TE0714.



Gambar 15. Penampang alterasi lubang bor TE0711, TE0713, TE0714.

Zona mineralisasi yang teridentifikasi di area penelitian terdiri dari ~~oleh~~ mineral sulfida. Komposisi mineral meliputi pirit (FeS_2) sebagai mineral sulfida paling umum, kalkopirit (CuFeS_2) dan bornit (Cu_5FeS_4) sebagai mineral tembaga utama, kovelit (CuS) sebagai mineral tembaga sekunder, galena (PbS) dan sfalerit (ZnS) sebagai mineral timbal-seng, serta molibdenit (MoS_2) sebagai mineral molibdenum (Gambar 18 – Gambar 22).



Gambar 16. Mineral kalkopirit, pirit, galena, dan sfalerit pada sampel inti bor kedalaman 403,60 m, merupakan zona eksoskarn.



Gambar 17. Mineral kalkopirit, pirit, galena, dan sfalerit pada sampel inti bor kedalaman 199,70 m, merupakan zona propilitik.



Gambar 18. Mineral bornit dan kalkopirit pada sampel inti bor kedalaman 536,00 m, merupakan zona potasik.



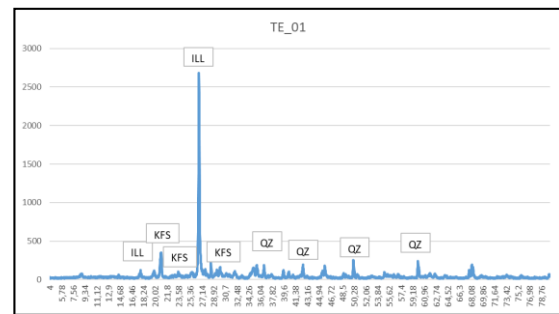
Gambar 19. Mineral bornit, pirit, dan kalkopirit pada sampel inti bor kedalaman 437,20 m, merupakan zona *endoskarn*.



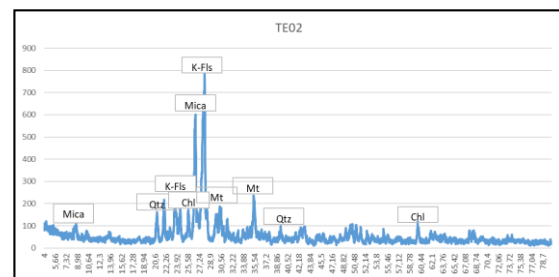
Gambar 20. Mineral bornite, magnetite dan kalkopirit pada sampel inti bor kedalaman 175,60 m, merupakan zona *phylic*.

Hasil XRD

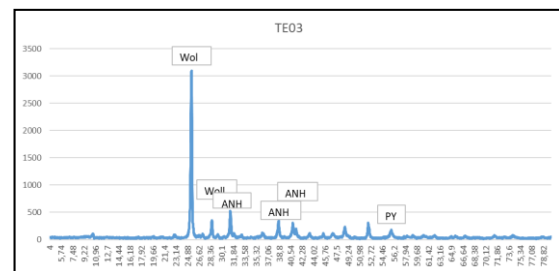
Berdasarkan hasil analisis XRD dari sampel TE01 diperoleh mineral illit, K-feldspar, dan kuarsa (Gambar 23), sampel TE02 diperoleh mika, K-feldspar, klorit, kuarsa, dan magnetit. Mineral K-feldspar dan Magnetit (Gambar 24), sampel TE03 diperoleh anhidrit, wolastonit, dan pirit (Gambar 25), sampel TE04 diperoleh wolastonit, K-feldspar, epidot, klorit, dan markasit (Gambar 26), dan sampel TE05 diperoleh wolastonit dan dolomit. Mineral wolastonit (Gambar 27). Referensi yang digunakan dalam analisis XRD ini yaitu: Chen, P. Y. (1977).



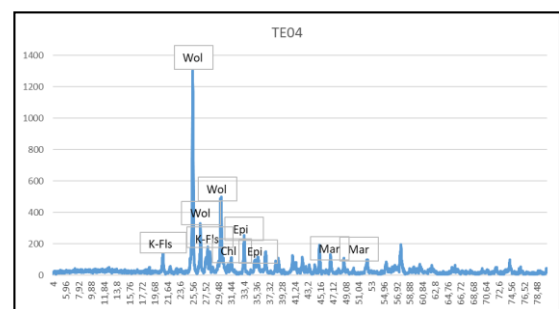
Gambar 21. Grafik Data XRD TE01



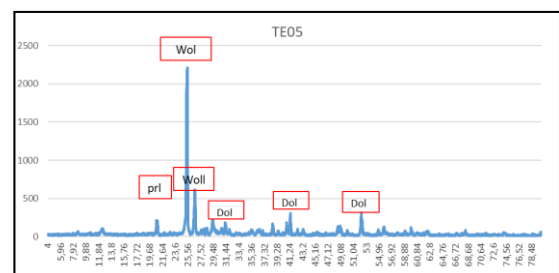
Gambar 22. Grafik Data XRD TE02



Gambar 23. Grafik Data XRD TE03



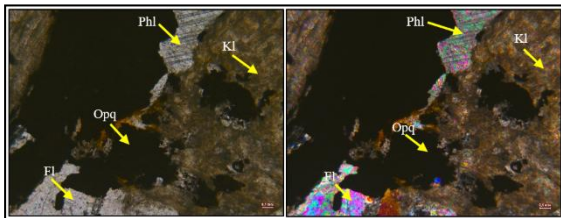
Gambar 24. Grafik Data XRD TE04



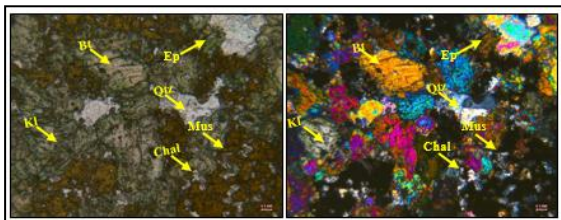
Gambar 25. Grafik Data XRD TE05

Hasil Analisis Petrografi

Referensi yang digunakan dalam analisis petrografi ini yaitu: Adams, dkk., (1984), dan MacKenzie, dkk., (2017). Berdasarkan hasil analisis petrografi sampel batuan di area penelitian pada kode sampel TE0711 secara megaskopis batuan berwarna abu-abu putih, bentuk euhedral – anhedral. Komposisi mineral primer terdiri mineral opak. Mineral alterasi terdiri dari klorit, anhidrit, dan florit (Gambar 28). Sampel batuan TE0714 secara megaskopis batuan berwarna hijau kecoklatan gelap, bentuk kristal subhedral - anhedral. Komposisi mineral di dominasi oleh klorit sebanyak 40% dan mineral alterasi lainnya terdiri dari quartz, biotit, kalsit, epidot dan muskovit (Gambar 29). Berdasarkan hasil analisis megaskopis dan petrografi menggunakan klasifikasi Streckeisen (1976), sampel batuan nomer TE0711 dan TE0714 adalah *dolomite limestone*.



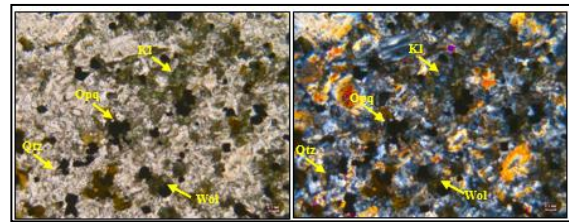
Gambar 26. Fotomikrograf sayatan tipis sampel TE0711 memperlihatkan florit (Fl), opaq (Opq), anhidrit (An) dan klorit (Kl).



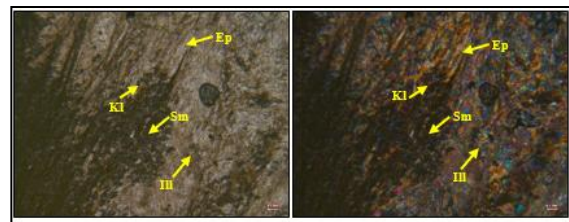
Gambar 27. Fotomikrograf sayatan tipis sampel TE0714 klorit (Kl), kuarsa (Qtz), biotit (Bt), kalsit (Chl), epidot (Ep) dan muskovit (Mus).

Sampel TE0714 secara megaskopis batuan berwarna putih-hijau, bentuk kristal subhedral – anhedral. Komposisi mineral primer terdiri dari kuarsa dan mineral opak. Mineral alterasi terdiri dari klorit, kalsit, dan

wollastonit. Terdapat mineral opak menggantikan sebagian klorit (Gambar 30). Sampel batuan TE0713 secara megaskopis batuan berwarna abu-hijau, dengan bentuk kristal anhedral – subhedral. Terdapat mineral klorit, epidot, smektit dan illit (Gambar 31). Berdasarkan hasil analisis petrografi sampel batuan diorite batuan induk (*host rock*) untuk endapan porfiri Cu-Au.



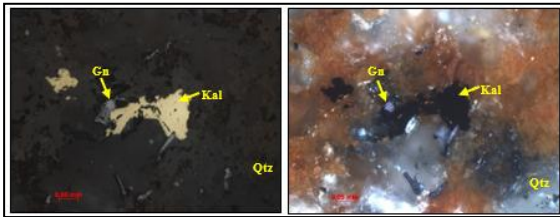
Gambar 28. Fotomikrograf sayatan tipis sampel TE0714 opak (Opq), klorit (Kl), kuarsa (Qtz), dan wollastonite (Wol).



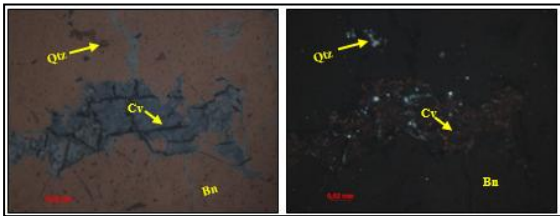
Gambar 29. Fotomikrograf sayatan tipis sampel TE0713 klorit (Kl), epidot (Ep), smektit (Sm), dan illit (Ill).

Hasil Analisis Mineragrafi

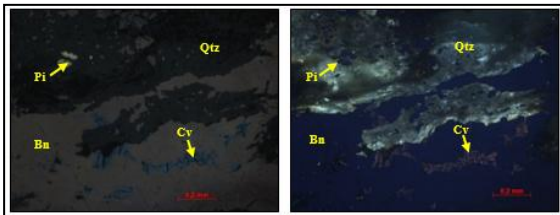
Sampel bijih yang digunakan pada analisis mineragrafi sebanyak tiga buah, dengan nomer TE0711, TE0713 dan TE0714. Referensi yang digunakan dalam analisis mineragrafi ini yaitu: Parcejus. B. (2015), Ineson, P. R. (2014), Augustithis, S. (2010). Hasil pengamatan di bawah mikroskop pantul menunjukkan bahwa sampel yang dianalisis memiliki komposisi mineral dari pirit (FeS_2), kalkopirit (CuFeS_2), kovelit (CuS), bornit (Cu_5FeS_4), galena (PbS), sfalerit (ZnS), dan molibdenit (MoS_2).



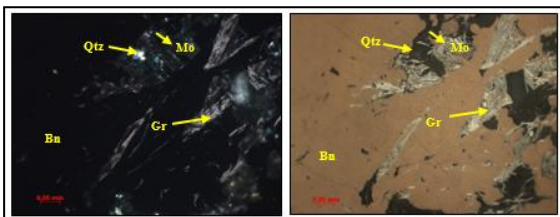
Gambar 30. Fotomikrograf sayatan poles sampel TE0711 memperlihatkan mineral galena (Gn), kalkopirit (Kal), dan kuarsa (Qtz).



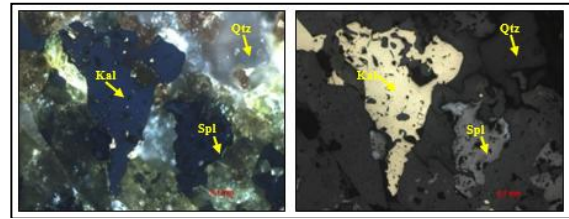
Gambar 31. Fotomikrograf sayatan poles sampel TE0714 memperlihatkan mineral quartz (Qtz), covellite (Cv), dan bornite (Bn).



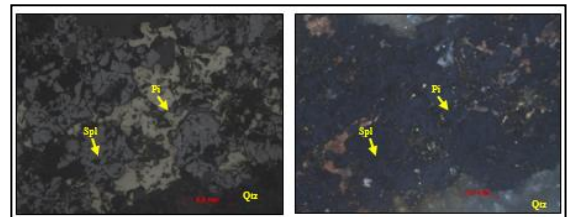
Gambar 32. Fotomikrograf sayatan poles sampel TE0714 memperlihatkan mineral pirit (Pi), kuarsa (Qtz), bornite (Bn), dan covellite (Cv).



Gambar 33. Fotomikrograf sayatan poles sampel TE0714 memperlihatkan mineral molibdenit (Mo), bornite (Bn), kuarsa (Qtz), dan graphite (Gr).



Gambar 34. Fotomikrograf sayatan poles sampel TE0714 memperlihatkan mineral kalkopirit (Kal), spalerit (Spl), dan quartz (Qtz).



Gambar 35. Fotomikrograf sayatan poles sampel TE0714 memperlihatkan mineral pirit (Pi), spalerit (Spl), dan quartz (Qtz).

Alterasi dan Mineralisasi

Berdasarkan data log litologi hasil deskripsi inti bor dan ditunjang dengan hasil analisis XRD, petrografi dan mineragrafi beberapa sampel yang diambil dari daerah penelitian DMLZ Distrik Erstberg menunjukkan karakteristik deposit bijih tipe porfiri-skarn. Kehadiran intrusi diorit sebagai batuan dominan berperan sebagai sumber fluida hidrotermal yang menghasilkan zonasi alterasi *potassic-phyllitic-propylitic*. Alterasi potassic mineral klorit, kuarsa, biotit, kalsit, muskovit, k-feldspar, magnetit, dan mika, alterasi phyllitic dicirikan mineral klorit, kuarsa, biotit, kalsit, muskovit, k-feldspar, magnetit, dan mika. Alterasi propilitik dicirikan oleh mineral klorit, epidot, smektit, dan illit.

Mineralisasi daerah penelitian didominasi oleh mineral sulfida berupa pirit (FeS_2), kalkopirit (CuFeS_2), bornit (Cu_5FeS_4), kovelit (CuS), galena (PbS), sfalerit (ZnS), dan molibdenit (MoS_2). Hasil analisis mineragrafi di area DMLZ mengidentifikasi dua kelompok mineral bijih, yaitu primer dan sekunder. Kelompok primer terdiri atas kalkopirit, bornit, sfalerit, galena, dan pirit, sedangkan kelompok sekunder didominasi oleh kovelit dan

hematit. Pada daerah penelitian ini, menurut Meinert, dkk., (2005) menunjukkan bahwa skarn terbentuk pada zona menengah hingga distal.

KESIMPULAN

Mineralisasi daerah penelitian didominasi oleh mineral sulfida berupa pirit (FeS_2), kalkopirit (CuFeS_2), bornit (Cu_5FeS_4), kovelit (CuS), galena (PbS), sfalerit (ZnS), dan molibdenit (MoS_2).

Tipe endapan di daerah penelitian merupakan deposit porfiri dengan mineral logam berupa bornit dan kalkopirit, pada zona *eksoskarn* dengan mineral logam kalkopirit, pirit, galena, dan sfalerit, serta *endoskarn* dengan kandungan mineral logam bornit, pirit, dan kalkopirit.

Seiring penurunan suhu, mineral bijih yang terlarut dalam fluida magmatik mengalami presipitasi, membentuk asosiasi mineral yang teramati pada sampel batuan saat ini. Mineral-mineral tersebut meliputi pirit, kalkopirit, sfalerit, bornit, magnetit, dan hematit, dengan sebaran yang bervariasi mulai dari merata, tidak merata, berbentuk patches (bercak), hingga sebagai urat yang berasosiasi dengan kuarsa atau kalsit.

Perluasan program pemboran pada zona skarn untuk deliniasi detail kontinuitas mineralisasi Cu-Mo-Pb-Zn diperlukan, mengingat potensi ekonomis tinggi pada zona *eksoskarn* dan *endoskarn*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada PT. Eksplorasi Nusa Jaya yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian dan mempublikasi hasil

penelitiannya, kepada Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi yang telah memberikan izin untuk melakukan preparasi dan analisis sampel, dan kepada Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung yang telah membantu dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, A. E., Mackenzie, W. S., & Guilford, C. (1984). Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope; Essex, UK.
- MacKenzie, W. S., Adams, A. E., & Brodie, K. H. (2017). Rocks and minerals in thin section: A colour atlas. CRC Press.
- Evans, A. M., 1993. Ore Geology and Industrial Mineral, 3rd . Blackwell Scientific Publication, London, 350 p.
- Sunyoto, W., De Jong, G., & Soebari, L. (2012). Porphyry and Skarn Cu-Au Deposits and its Associated Cu-Au Bearing Intrusions of the Ertzberg District, Papua, Indonesia. Proceeding Of Banda And Eastern Sunda Arcs, 279–281.
- Corbett, G., & Leach, T. 1997. Short course manual: Southwest Pacific rim gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization. Special Publications of the Society of Economic Geologists.