


**MINERAGRAFI BATUAN PENYUSUN TAMBANG DEEP MILL LEVEL ZONE (DMLZ) PT.
FREEPORT INDONESIA**

 Ruswanto², Mega Rosana Fatimah², Euis Tintin Yuningsih², Bambang Antoro Purwariswanto¹

1) PT. Freeport Indonesia

2) Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

ABSTRAK

Deep Mill Level Zone (DMLZ) merupakan bagian dari cebakan East Erstberg Skarn System (EESS) dan merupakan tambang bawah tanah level ke-empat setelah Tambang Gunung Bijih Timur (GBT), Intermediate Ore Zone (IOZ) dan Deep Ore Zone (DOZ), yang memiliki cadangan sebesar 472 juta ton, dengan kadar tembaga 0,85% dan emas 0,72 g/t. Mineral bijih yang ditemukan berdasarkan analisa mineragrafi di DMLZ adalah kalkopirit, bornit, kovelit, hematit, sfalerit, galena dan pirit. mineral kalkopirit saling terikat dengan mineral pirit, galena dan sfalerit di batuan intrusi, kalkopirit berikatan dengan sfalerit di batugamping Ekmai, kalkopirit terlihat sebagai butiran bebas dan juga berikatan dengan pirit di batuserpih Ekmai, serta kalkopirit-sfalerit-bornit saling berikatan dan kalkopirit terlihat sebagai inklusi di dalam sfalerit dan juga kovelit hadir menggantikan bornit di beberapa bagian

Kata kunci: Deep Mill Level Zone (DMLZ), East Ertberg Skarn System (EESS), mineragrafi, mineral bijih.

ABSTRACT

Deep Mill Level Zone (DMLZ) is one of underground mining in PT. Freeport Indonesia and part of East Erstberg Skarn System (EESS) Complex, located at 4th level below Gunung Bijih Timur (GBT), Intermediate Ore Zone (IOZ) dan Deep Ore Zone (DOZ) with reserve 472 million ton with garde of Cu 0.85% and Au 0.72 g/t. Ore minerals in DMLZ based on minergraphy are chalcopyrite, bornite, covelite, hematit, sphalerite, galena and pyrite. Chalcopyrite minerals binds with pyrite-galena-sphalerite in intrusive rocks, chalcopyrite binds to sphalerite in the Ekmai limestone, chalcopyrite is seen as free-grained and binds to pyrite in the Ekmai shalestone, as well as chalcopyrite-sphalerite binding and viscous chalcopyrite as inclusions in the sphalerite and present covelite to replace the bornite in some parts

Key words: Deep Mill Level Zone (DMLZ), East Ertberg Skarn System (EESS), mineragraphy, Ore minerals.

PENDAHULUAN

Penambangan di Distrik Erstberg dimulai pada tahun 1970 pada cebakan skarn Tambang Terbuka Ertsberg. Kegiatan eksplorasi lanjutan pada tahun-tahun awal penambangan ini telah menemukan tubuh bijih Gunung Bijih Timur (GBT) dan DOM (diambil dari bahasa belanda yang berarti dekat puncak katedral). Kemudian pada tahun 1980-an ditemukan cebakan-cebakan lainnya di East Erstberg Skarn System (EESS) serta ditemukan dan pengembangan Tambang Terbuka Grasberg. Kemudian sejak tahun 1990 dan seterusnya telah ditemukan Tambang Bawah Tanah Big Gossan, mineralisasi tipe porfiri Cu di prospek Lembah Tembaga, Tambang Bawah Tanah Kucing Liar, dan Tambang Bawah Tanah DMLZ.

Tubuh cebakan Deep Mill Level Zone (DMLZ) merupakan bagian dari cebakan bijih East Ertsberg Skarn System (EESS) yang terletak 3 km sebelah tenggara tambang terbuka Grasberg. EESS adalah intrusi tunggal diorit dengan tembaga/emas dan tubuh cebakan pada skarn di batuan sedimen. EESS awalnya ditemukan melalui singkapan mineralisasi di permukaan, sekarang mineralisasi tersebut tidak terlihat karena penurunan yang berhubungan dengan metode operasi ambrukan (block cave method) di bawahnya.

GEOLOGI REGIONAL

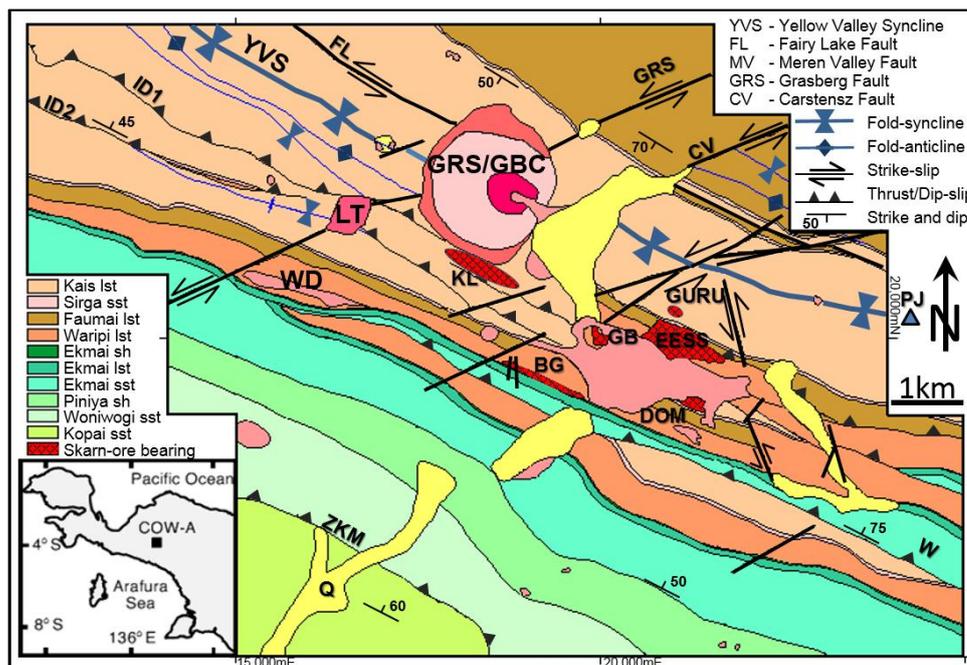
Daerah penelitian berlokasi di Distrik Ertsberg yang secara administratif termasuk kedalam Kabupaten Mimika, Propinsi Papua, Indonesia (Gambar 1). Secara regional

stratigrafi Distrik Ertsberg tersusun atas batuan sedimen siliklastik dan batuan karbonat dari Kelompok Kemblangan yang

berumur Mesozoik dan Kelompok New Guinea yang berumur Tersier (Gambar 2).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian



Gambar 2. Peta Geolog Regional Distrik Pertambangan Ertsberg (Sunyoto, 2015)

Kelompok Kemblangan terdiri dari empat formasi yaitu (dari tua ke muda): Formasi Kopai, Formasi Woniwogi, Formasi Piniya dan Formasi Ekmai. Formasi Kopai tersusun oleh batupasir argilik, mengandung glaukonit yang melimpah dan berselingan dengan batulanau. Formasi Woniwogi diendapkan selaras di atas Formasi Kopai tersusun oleh lapisan glaukonit

dan kuarsa arenit yang mengandung pirit dan pada bagian atas dijumpai sedikit batulanau dan *mudstone*. Di atas Formasi Woniwogi diendapkan secara selaras Formasi Piniya yang tersusun oleh batu lapisan batulanau karbonat dan *mudstone*. Formasi Ekmai secara selaras diendapkan di atas Formasi Piniya yang terdiri dari tiga unit yaitu (dari tua ke muda): Batupasir Ekmai,

Batulempung Ekmai dan Batuserpih Ekmai. Batupasir Ekmai tersusun oleh batupasir kuarsa, setempat bersifat kalkareus pada bagian atas. Batugamping Ekmai tersusun oleh kalkarenit, setempat ditemukan batuserpih hitam dengan sifat kalkareus. Batuserpih Ekmai tersusun atas batuserpih hitam kalkareus.

Kelompok Kemplangan ditutupi oleh Kelompok Batugamping New Guinea yang berumur Tersier yang terdiri dari empat formasi yaitu (dari tua ke muda): Formasi Waripi, Formasi Faumai, Formasi Sirga dan Formasi Kais. Formasi Waripi tersusun oleh *dolostone* yang mengandung fosil dan batupasir karbonatan pada bagian atas, berumur Paleosen-Miosen. Formasi Faumai tersusun oleh batugamping dan *dolostone* yang mengandung fosil foraminifera berumur Eosen. Formasi Sirga tersusun oleh batupasir dan batulanau dengan ukuran butir sedang sampai kasar, mempunyai umur Oligosen. Formasi Kais tersusun oleh batugamping dan *marl* mengandung fosil foraminifera, berumur Oligosen-Miosen.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan analisa mineragrafi. Analisa mineragrafi dilakukan untuk mengetahui mineral-mineral logam yang terkandung di dalam conto batuan yang diamati serta untuk mengetahui keterkaitannya diantara mineral logam tersebut. Dalam penelitian ini lebih ditekankan kepada identifikasi mineral logam yaitu tembaga dan emas serta hubungannya dengan mineral logam lainnya seperti pirit, hematit, sfalerit dan mineral sulfida lainnya, dengan mengamati tekstur mineral bijih tersebut.

Pengamatan mineragrafi ini dilakukan dengan menggunakan sayatan poles (*double polished*) dengan bantuan mikroskop polarisasi cahaya pantul (gambar 3.2). Pengamatan yang dilakukan meliputi sifat fisik seperti bentuk kristal dan belahan, serta sifat optik meliputi warna mineral bijih yang terpantulkan, refleksi ganda yang menunjukkan perubahan intensitas

warna pada saat meja mikroskop diputar, anisotropik dengan pengamatan nikol bersilang yang akan mengetahui apakah mineral tersebut bersifat isotrop (tidak terjadi perubahan intensitas dan warna bila meja diputar 360°) atau bersifat anisotropik (terjadi perubahan intensitas dan warna bila meja diputar 360°).

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

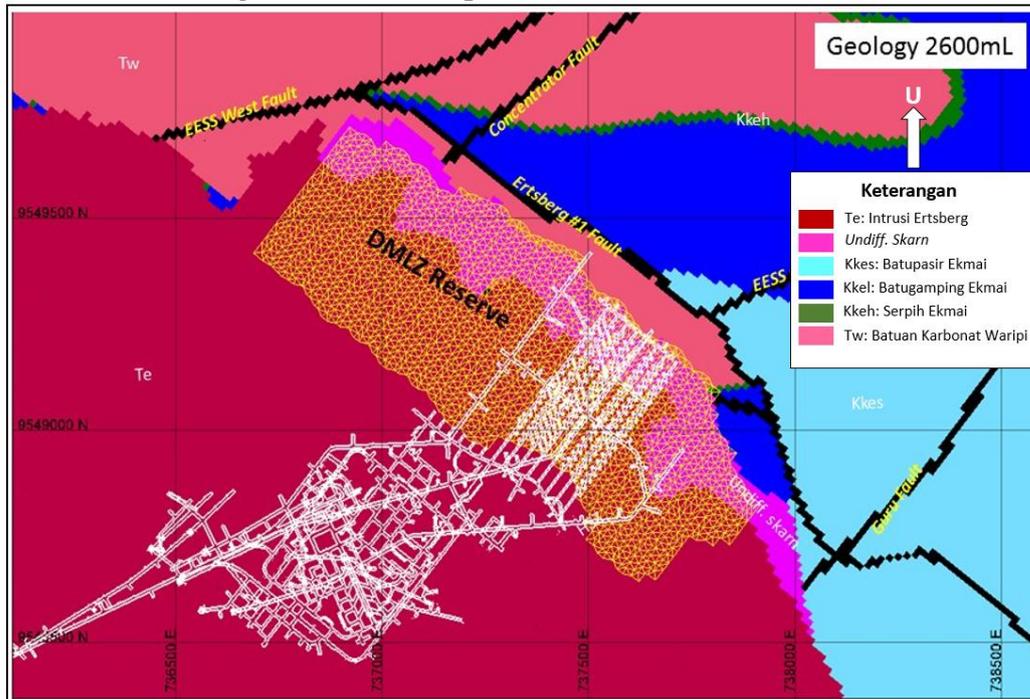
DMLZ merupakan salah satu tambang bawah tanah di area Komplek Pertambangan PT. Freeport Indonesia, yang merupakan bagian dari cebakan bijih *East Erstberg Skarn System* (EESS) terletak 3 km ke arah tenggara dari tambang terbuka Grasberg (Gambar 2). DMLZ merupakan tambang bawah tanah ke empat dari Komplek EESS setelah tambang bawah tanah Gunung Bijih Timur (GBT), Intermediate Ore Zone (IOZ) dan Deep Ore Zone. DMLZ terletak pada elevasi 3.125 – 2.590 mdpl dengan cadangan sebesar 472 juta ton, kadar tembaga 0,85% dan emas 0,72 g/t (Sunyoto dkk, 2015).

EESS (*East Erstberg Skarn System*) adalah suatu zona mineralisasi tipe porfiri dan skarn yang menerus secara vertikal dan berkembang pada zona kontak antara batuan Diorit *Erstberg* (Te) dengan batuan dinding karbonat dan silisiklastik yang terbentuk sepanjang kontak bagian utara dari kompleks intrusi *Erstberg* (Gambar 3). Batuan induk skarn terdiri dari Formasi Kais (Tk) bagian bawah (cebakan GBT), Formasi Faumai (Tf, cebakan IOZ), dan Formasi Waripi (Tw, cebakan DOZ dan DMLZ) dari Kelompok Batugamping New Guinea. Batuan sedimen Kelompok Kemplangan (Kkeh, Kkel dan Kkes) juga berubah menjadi skarn dan termineralisasi, tetapi kontribusinya kecil dari sisi volume dan jumlah bijihnya untuk dimasukkan dalam cadangan DMLZ.

Batas geologi bijih skarn di EESS biasanya diketahui sebagai batas dengan perubahan berangsur dalam hal kumpulan mineral-mineral alterasinya. Batas/kontak batuan yang tegas dan mudah dibedakan seringkali dijumpai diantara diorit dan skarn pada *footwall*, meskipun di beberapa lokasi alterasi

endoskarn yang kuat terbentuk sulit dibedakan dari batuan sedimen sampingnya. Transisi antara batuan skarn dan marmor di *hanging wall* umumnya dapat dibedakan secara visual. Intrusi magma, breksiasi hidrotermal dan alterasi cenderung menutupi kondisi, sifat asli dan lokasi *patahan-patahan* utama yang ada. Area DMLZ disusun oleh batugamping dolomitan dan pasiran Formasi Waripi berwarna putih yang merupakan batuan induk dari bijih skarn tembaga-

emas. Pada level 2590m dan 2600m (Gambar 3) yang merupakan level ekstrasi dari tambang ini, beberapa terowongan telah memotong Batuserpih dan Batugamping Formasi Ekmai dari Kelompok Kembelangan yang telah berubah menjadi *Hornfels* dan sedikit skarn diopsid dan garnet. Di bagian tengah dari *footprint* DMLZ ini merupakan kontak dengan Diorit *Ertsberg* yang berubah potasik dan filik juga endoskarn garnet yang dipotong oleh urat-urat kuarsa dan anhidrit.



Gambar 3. Peta Geologi Daerah DMLZ pada level 2600L (PT. Freeport Indonesia, 2015)

Alterasi dan mineralisasi skarn tembaga-emas di DMLZ terjadi pada Batugamping dolomitan dari Formasi Waripi berumur Tersier dimana batuan ini dikenal reaktif secara kimia khususnya pada zona-zona struktur yang berdekatan dengan tubuh intrusi tersebut. Selain itu, pada sebagian bagian atas tubuh intrusi ini telah terbentuk tubuh bijih tembaga-emas porfiri berupa mineralisasi yang tersebar merata dan urat-urat kuarsa-anhidrit-sulfida yang saling memotong (*stockwork*). Mineralisasi di DMLZ terjadi pada 2.5 sampai 3.5 juta tahun yang lalu yaitu setelah proses intrusi yang berasosiasi dengan sumber batuan beku terjadi. Cebakan yang ditambang di EESS saat ini terdiri dari cebakan tipe

porfiri tembaga-emas yang bersumber dari batuan beku dan cebakan tipe Skarn kalk-silikat pada batuan karbonat. Kedua tipe cebakan bijih tembaga porfiri dan Skarn ini kaya akan kandungan emas.

HASIL PENELITIAN

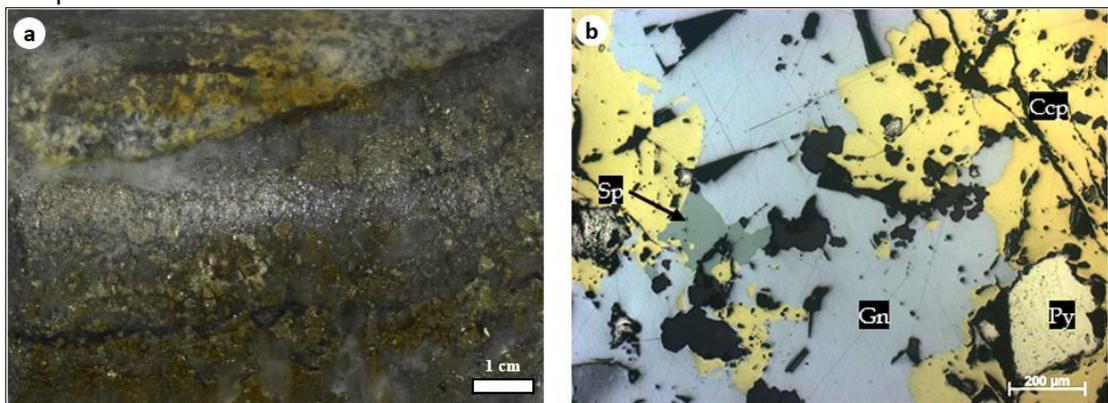
Analisa mineragrafi pada dua conto batuan Intrusi Ertsberg yang ditunjukkan fotomikrografi sayatan poles menunjukkan mineral-mineral logam yang ditemukan yaitu (Gambar 4): Pirit (FeS_2) warna krem pucat, isotropik, relief tinggi, kristalin kubik, dijumpai dalam butiran bebas maupun terikat dengan kalkopirit dan galena. Kalkopirit (CuFeS_2) warna kuning, anisotrop, relief rendah, ditemukan

sebagai butiran bebas maupun terikat dengan mineral sulfida lain. Galena (PbS), warna abu-abu muda, isotropik, relief rendah, kristalin kubik, menunjukkan karakteristik *triangular pits*, dijumpai terikat dengan mineral sulfida lain. Sferit (ZnS), warna abu-abu kecoklatan, isotropik, relief rendah, ditemukan terikat dengan kalkopirit dan galena. Mineral kalkopirit dipotong oleh mineral pirit, galena dan sferit, dan juga sebagai inklusi di dalam galena dan sferit serta mineral galena dipotong oleh sferit.

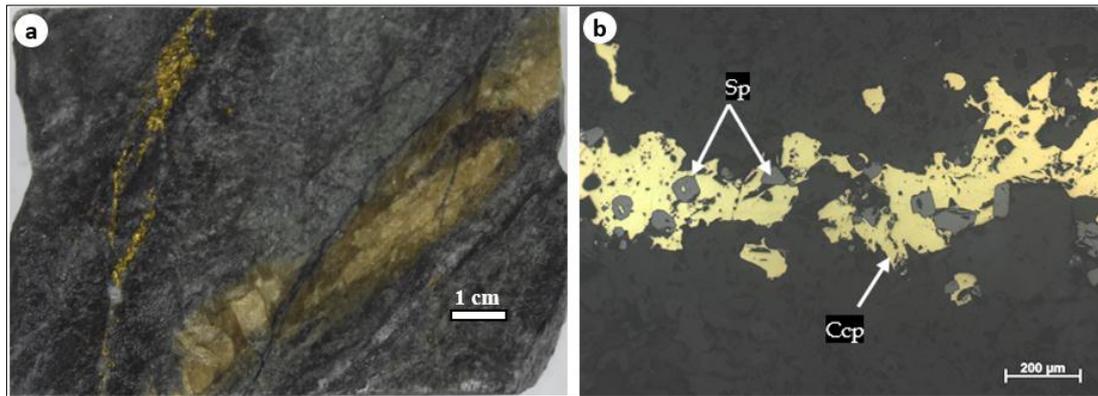
Analisa mineragrafi pada dua conto sayatan poles batugamping Formasi Ekmai (Kkel) dari fotomikrografi (Gambar 4) menunjukkan mineral-mineral logam yang ditemukan adalah: Kalkopirit (CuFeS_2) berwarna kuning, ditemukan sebagai butiran bebas maupun terikat dengan sferit. Sferit (ZnS) warna abu-abu kecoklatan ditemukan sebagai butiran tunggal maupun terikat dengan kalkopirit. Keberadaan kalkopirit dipotong oleh sferit dan juga sebagai inklusi di dalam sferit.

Conto batuserpih Formasi Ekmai berdasarkan analisa mineragrafi dari fotomikrografi (Gambar 6) ditemukan mineral-mineral logam yaitu: Pirit (FeS_2) warna krem pucat dijumpai dalam butiran bebas maupun terikat bersama kalkopirit. Kalkopirit (CuFeS_2) warna kuning ditemukan sebagai butiran bebas maupun terikat bersama pirit. Kalkopirit kehadirannya dipotong oleh pirit.

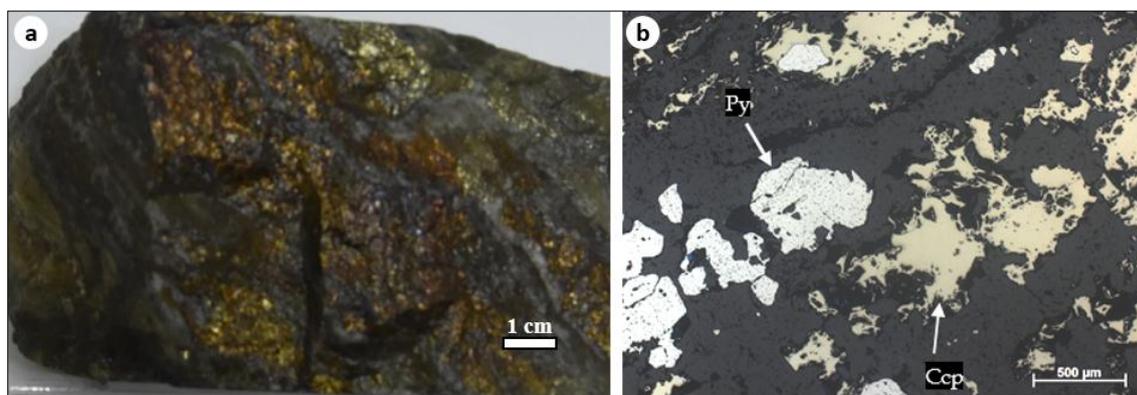
Conto Batuan Karbonat Formasi Waripi dengan alterasi magnetit skarn, berdasarkan pengamatan mineragrafi dari fotomikrografi sayatan poles (Gambar 7) ditemukan mineral-mineral logam seperti: Kalkopirit (CuFeS_2), ditemukan terikat bersama mineral bornit serta dijumpai dalam mineral sferit dan hematit sebagai inklusi. Sferit (ZnS) berwarna abu-abu kecoklatan ditemukan sebagai butiran tunggal maupun terikat dengan mineral kalkopirit dan hematit. Kovelit (CuS) berwarna biru dijumpai menggantikan bornit di beberapa bagian. Bornit (Cu_5FeS_4) berwarna merah jambu kecoklatan dijumpai terikat dengan sferit dan kalkopirit serta di beberapa bagian tergantikan oleh kovelit. Hematit (Fe_2O_3) berwarna abu-abu kebiruan terikat bersamaan dengan sferit dan terdapat inklusi kalkopirit. Kalkopirit dipotong oleh bornit dan inklusi di dalam sferit, bornit dipotong oleh sferit dan kovelit hadir sebagai pengganti pada mineral bornit di beberapa tempat. Fotomikrografi sayatan poles pada gambar 8 ditemukan mineral-mineral logam seperti: Kalkopirit (CuFeS_2) warna kuning pucat, anisotropi lemah kebiruan. Sferit (ZnS) warna abu-abu, isotrop, mengandung bercak-bercak hematit di dalamnya, diperkirakan karena proses penggantian. Hematit (Fe_2O_3) warna abu kebiruan, kemungkinan ubahan dari mineral magnetit dan pirit, anisotropi sedang, berbentuk bilah-bilah.



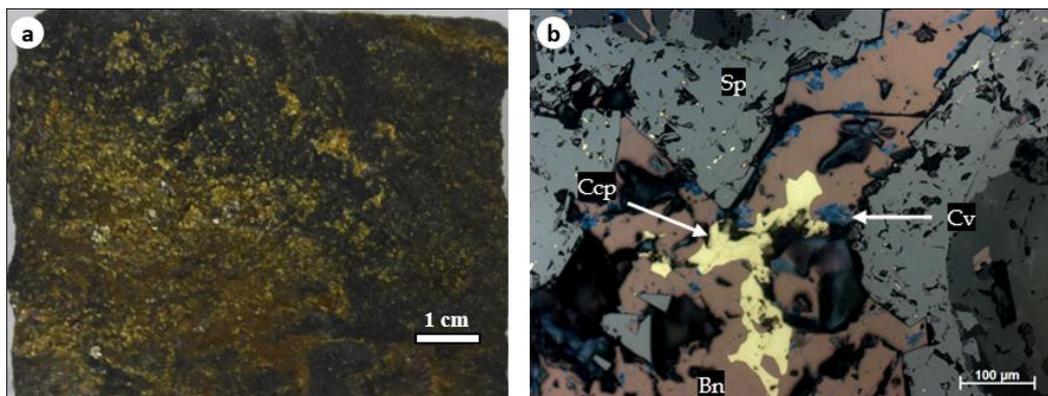
Gambar 4. Batuan Intrusi Ertzberg (Te) dari lubang bor DZ25-01-04 di kedalaman 221.4-224.4 m. (a) Hand specimen Intrusi Ertzberg yang sudah mengalami alterasi propilitik. (b) Fotomikrografi sayatan poles yang menunjukkan kalkopirit (Ccp), pirit (Py), galena (Gn) dan sferit (Sp) yang saling berikatan. Paralel nikol.



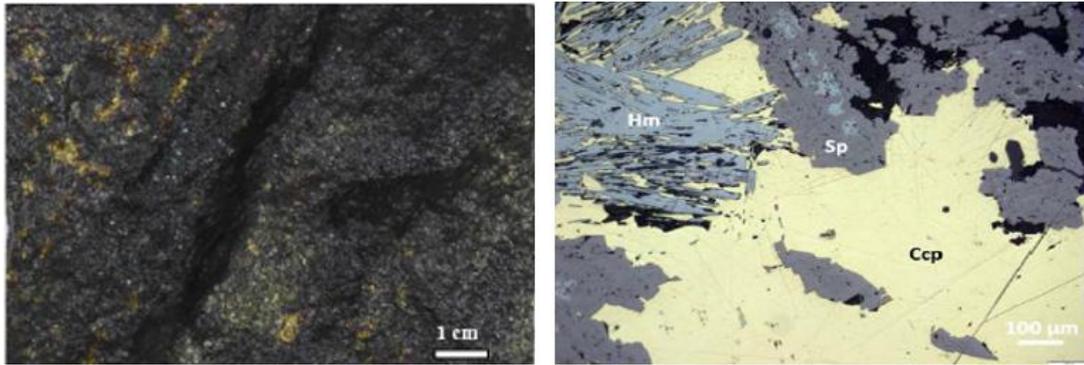
Gambar 5. Batugamping Formasi Ekmai (Kkel) dari lubang bor TE09-17 di kedalaman 197.8-200.8 m. (a) Hand specimen Batugamping Ekmai teralterasi oleh mineral garnet-diopside-hornfels-epidote-magnetit dan terpotong oleh urat kalkopirit-pirit-anhidrit. (b) Fotomikrografi sayatan poles yang menunjukkan kalkopirit (Ccp) berikatan dengan sfalerit (Sp). Paralel nikol.



Gambar 6. Batuserpih Formasi Ekmai (Kkeh) dari lubang bor DMLZITL3-01 di kedalaman 46.8-49.3m. (a) Hand specimen Batuserpih Formasi Ekmai teralterasi oleh mineral hornfels-diopside-feldspar-epidote, dipotong oleh urat kalkopirit-pirit. (b) Fotomikrografi sayatan poles yang menunjukkan pirit (Py) dan kalkopirit (Ccp) sebagai butiran bebas maupun saling berikatan. Paralel nikol.



Gambar 7. Batuan Karbonat Formasi Waripi (Tw) dari lubang bor DMLZITL3-01 di kedalaman 60.8-64.1m. (a) Hand specimen Batuan Karbonat Formasi Waripi yang sudah mengalami alterasi kuat menjadi magnetit diikuti oleh mineral garnet-kalkopirit-tremolit-pirit-anhidrit. (b) Fotomikrografi sayatan poles yang menunjukkan sfalerit (Sp), bornit (Bn) dan kalkopirit (Ccp) yang saling berikatan. Kovelit (Cv) hadir menggantikan bornit serta tampak kalkopirit sebagai inklusi dalam sfalerit. Paralel nikol.



Gambar 8. Batuan Karbonat Formasi Waripi (Tw) dari lubang bor DMLZITL3-01 di kedalaman 60.8-64.1m. (a) Hand specimen Batuan Karbonat Formasi Waripi yang sudah mengalami alterasi kuat menjadi magnetit warna hitam, tersusun atas mineral magnetit-garnet-anhidrit-sedikit hematit, pirit-kalkopirit terdapat sebagai urat dan juga sebagai disseminated. (b) Fotomikrografi sayatan poles yang menunjukkan Kalkopirit (Ccp), sfalerit (sp) dan Hematit (Hm) saling berikatan. Paralel nikol.

PARAGENESA MINERAL BIJIH

Mineral bijih yang ditemukan dari hasil mineragrafi di area DMLZ terbagi menjadi dua kelompok yaitu mineral bijih primer dan mineral bijih sekunder. Mineral bijih primer terdiri dari kalkopirit, bornit, sfalerit galena dan pirit. Mineral bijih sekunder adalah kovelit dan hematit. Kalkopirit dipotong oleh bornit, sfalerit, galena dan pirit dan juga sebagai inklusi di sfalerit, bornit serta hematit, hal ini menjelaskan bahwa kalkopirit terbentuk lebih awal dibandingkan bornit-kovelit-sfalerit-hematit-pirit. Pembentukan mineral bijih selanjutnya adalah bornit yang dipotong oleh sfalerit dan tergantikan oleh kovelit di beberapa bagian, hal ini menjelaskan bahwa bornit terbentuk terlebih dahulu dibandingkan kovelit dan sfalerit. Galena terlihat dipotong oleh sfalerit yang menandakan bahwa galena terbentuk lebih dahulu dibandingkan sfalerit. Adanya inklusi sfalerit di dalam pirit, menunjukkan pirit terbentuk setelah sfalerit. Kovelit dan

hematit sebagai mineral bijih sekunder terbentuk setelah mineral-mineral bijih primer. Kovelit terbentuk sebagai mineral pengganti pada beberapa bagian mineral bornit sedangkan kehadiran hematit diperkirakan sebagai mineral ubahan dari mineral pirit maupun mineral magnetit.

KESIMPULAN

Mineral bijih tembaga yang ditemukan berupa mineral kalkopirit, bornit dan kovelit dengan karakteristik di batuan Intrusi Ertzberg terikat bersamaan dengan mineral sulfide seperti pirit, sfalerit dan galena, sedangkan di batuan sedimen sebagai mineral bebas dan juga terdapat sebagai inklusi di dalam mineral sfalerit. Mineral bijih yang ditemuakn dengan urutan pembentukannya dari yang pertama sampai yang terakhir adalah: kalkopirit, bornit, galena, sfalerit, pirit kovelit dan hematit.

Tabel. 1 Paragenesa Mineral Bijih DMLZ

Mineral	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7
Kalkopirit							
Bornit							
Galena							
Sfalerit							
Pirit							
Kovelit							
Hematit							

DAFTAR PUSTAKA

Gandler, L.M., and Kyle, J.R., 2008, Stratigraphic Control of Calc-Silicate Alteration and Cu-Au Mineralization of the Deep MLZ Skarn, Ertzberg District, Papua, Indonesia. PACRIM Conference, 2008.

PT. Freeport Indonesia, 2015, Revisi Feasibility Study Bab 3. Geologi dan Geologi Teknik, tidak diterbitkan.

Quarles van Ufford, A. I, and Closs, M, 2005, Cenozoic Tectonics of New Guinea, AAPG Bulletin, vol. 89, No. 01, p. 119-140

- Quarles van Ufford, A. I, and Closs, M, 2005, Cenozoic Tectonics of New Guinea, AAPG Bulletin, vol. 89, No. 01, p. 119-140.
- Sapiie, B., 2016, Kinematic Analysis of Fault-Slip Data in the Central Range of Papua, Indonesia. Indonesian Journal on Geoscience Vol.3 No.1 April 2016, pages 1-6.
- Sunyoto, W., De Jong, G., dan 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 2012, MGEI Annual Convention. 279-281)
- Sunyoto, W., MacDonald, G., and De Jong, G., 2015, From Discovery to Inventory – PT. Freeport Indonesia Story in Papua Province, Indonesia. HAGI-IAGI-IAFMI-IATMI Joint Convention, Balikpapan, 2-4 October 2015.