



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 18, No.2
Agustus 2020

Studi Zona Stockwork Pada Main Grasberg Intrusion (MGI) Untuk Optimalisasi Produksi Pada Tambang Bawah Tanah Grasberg, PT. Freeport Indonesia, Papua, Indonesia

Firman Sumarwan^{1,2}, Mega Fatimah Rosana², Johannes Hutabarat²

1) PT. Freeport Indonesia

2) Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

ABSTRAK

Tambang bawah tanah Grasberg merupakan salah satu cebakan porfiri Cu-Au yang berlokasi didalam Distrik *Ertsberg*, tepat dibawah tambang terbuka Grasberg. Studi ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas tambang melalui pemetaan mineral dan sampling, sayatan tipis, sayatan poles, uji metalurgi droptest, dan uji abrasi batuan. Hasil studi menunjukkan zona stockwork pada instruksi MGI adalah alterasi potasik dengan kehadiran mineral Kalkopirit, Bornite, Pirit, Tenantite, dan Digenite sebagai mineral primer. Analisa metalurgi menunjukan tingkat kekerasan batuan normal-lunak dan tingkat resistensi batuan sedang, yang menjadi referensi bahwa zona stockwork alterasi potasik MGI merupakan zona yang paling efektif pada produksi tambang bawah tanah Grasberg *Block Cave*.

Kata kunci: Zona Stockwork, Tambang Grasberg, Kekerasan Batuan, Abrasi batuan.

ABSTRACT

Grasberg underground mine is one of the Cu-Au porphyry deposits located within the Ertsberg District, just below the Grasberg open pit. This study conducted to determine the effectiveness of the mine through mineral mapping and sampling, Thin-Section, Ore-Microscopy, Metallurgical drop test, and rock Abrasion tests. The results indicate that the stockwork zone of MGI is potassic alteration with the presence of the chalcopryrite, Bornite, Pyrite, Tenantite, and Digenite minerals as primary minerals. Metallurgical analysis shows normal-soft of rock hardness level and moderate level of rock resistance, which is a reference that the potassic alteration stockwork zone of MGI is the most effective zone in the Grasberg Block Cave underground mine production.

Keywords: Stockwork Zone, Tambang Grasberg, Rock Hardness, Rock Abration

PENDAHULUAN

Tambang terbuka Grasberg merupakan salah satu tambang Cu-Au terbesar di dunia yang di operasikan oleh PT. Freeport Indonesia yang berlokasi didalam Distrik *Ertsberg* (Gambar 1). Secara administratif berada dipulau Papua, Provinsi Papua Tengah, Kabupaten Mimika, Kota Timika, Distrik Tembagapura. Endapan tersebut berada pada ketinggian 4200 mdpl dan menerus secara vertikal hingga ketinggian 2500 mdpl. Daerah ini dicirikan oleh topografi ekstrim, dengan vegetasi hutan lebat di

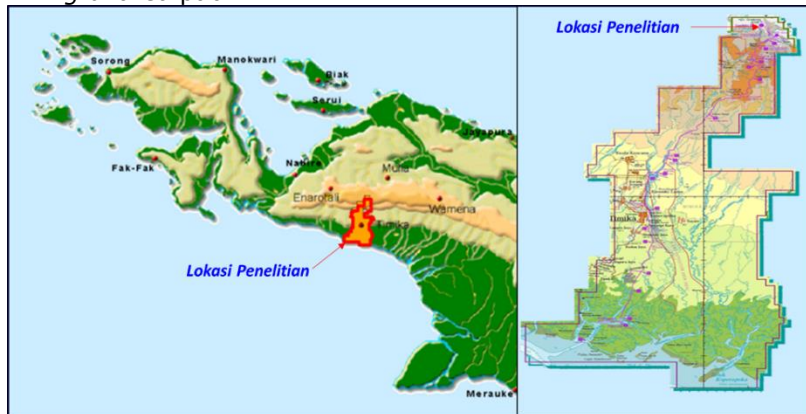
pada area dataran rendah dan vegetasi rumput pada area dataran tingginya. Curah hujan area melebihi 4m pertahun.

Tubuh cebakan Grasberg merupakan tipe endapan porfiri *Cu-Au*, yang terletak di dalam Kontrak Karya A (COW "A") PT. Freeport

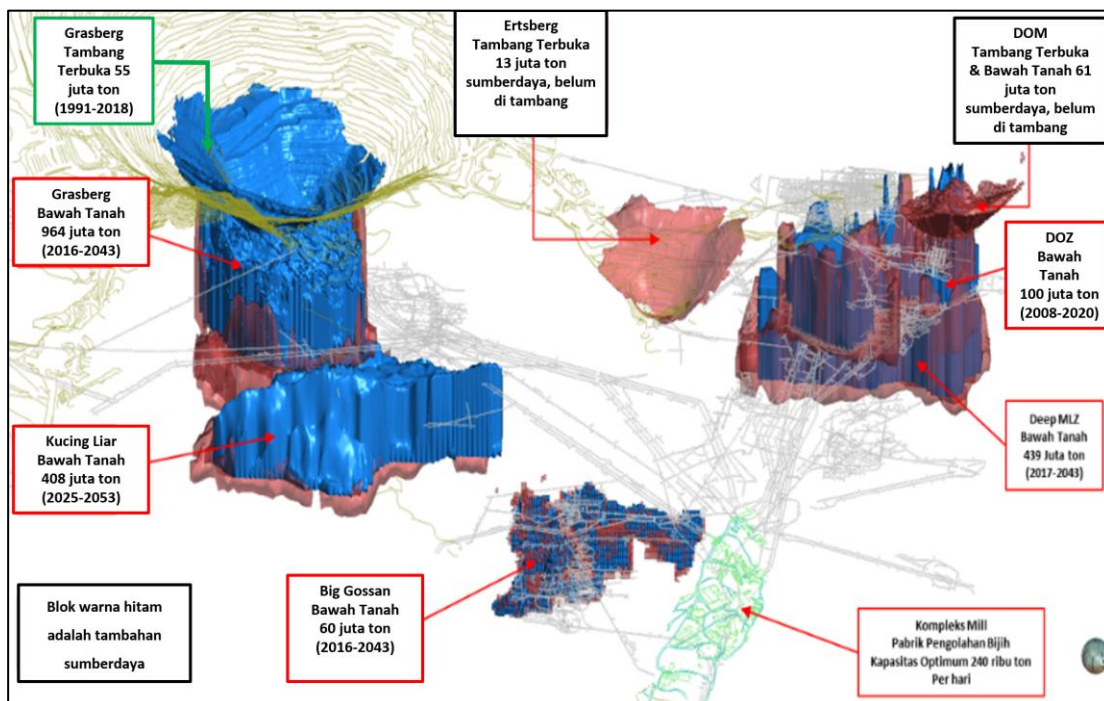
Indonesia, Papua - Indonesia. Secara umum besarnya cadangan pada Desember 2016 sekitar 55.5 juta ton kandungan tembaga (Cu) 1.26% dan emas (Au) 2.11 g/t (gambar 2). Tambang terbuka Grasberg segera berakhir dan tambang bawah tanah Grasberg memulai operasionalnya dengan metode operasi ambrukan (*block cave method*).

Zona stockwork pada porfiri Grasberg memiliki kandungan tembaga ekuivalen lebih dari 1.2% dengan tingkat kekerasan tertentu. Tambang bawah tanah Grasberg memiliki keterbatasan untuk area yang dapat di observasi oleh geologist karena berhubungan dengan resiko keselamatan kerja. Studi zona stockwork bertujuan untuk dapat memprediksi area yang menjadi target produksi optimal dan memberikan informasi awal untuk mendapatkan hasil yang optimal

pada proses *milling* di area pabrik.



Gambar 1. Daerah lokasi penelitian.



Gambar 2. Penampang cebakan bijih pada Kompleks Pertambangan Ertsberg (PT Freeport Indonesia, 2016).

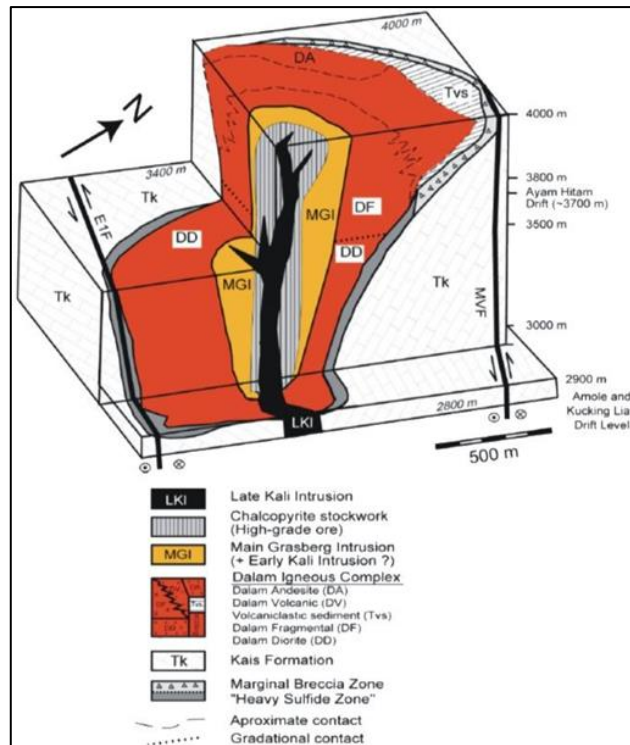
GEOLOGY GRASBERG

Grasberg adalah cebakan mineralisasi tipe porfiri yang menerus secara vertikal dengan tiga fase intrusi berkembang pada zona kontak antara batuan Diorit *Grasberg Igneous Complex* (GIC) dengan batuan dinding karbonat (Gambar 3). MacDonald dan Arnold, 1994, menyatakan awal terbentuknya tambang terbuka Grasberg berupa Dalam Diatreme yang bagian atasnya berupa kaldera. Dalam Diatreme tersebut dibagi menjadi 3 fase batuan beku, yaitu fase dioritik dan andesitik (bersifat fragmental); fase eksplosif (lapilli, tuf, dan breksi vulkanik); dan intrusi diorit Grasberg (*Main Grasberg Intrusion*) serta intrusi diorit Kali. Fase intrusi MGI dan Kali mengakibatkan terjadinya alterasi yang

kompleks. Alterasi di tambang terbuka Grasberg terbagi menjadi dua, yaitu zona alterasi potasik dan filik (*Kavalieris dan Pennington, 1998*).

Magma yang membentuk batuan beku dari endapan Grasberg, *Grasberg Igneous Complex* (GIC), dibentuk oleh pencairan lapisan atas dan sebagian dari lempeng Australia. Berdasarkan data isotop ditunjukkan bahwa batuan GIC dan Ertsberg Diorit memiliki sumber magma induk yang sama (Housh and McMahon, 1999).

Berdasarkan tekstur batuan GIC, diyakini bahwa magma dihasilkan dari kubah kecil (*cupola*) di bagian atas ruang magma yang dipenuhi magma yang diperkaya dengan fluida magma yang kaya tembaga.



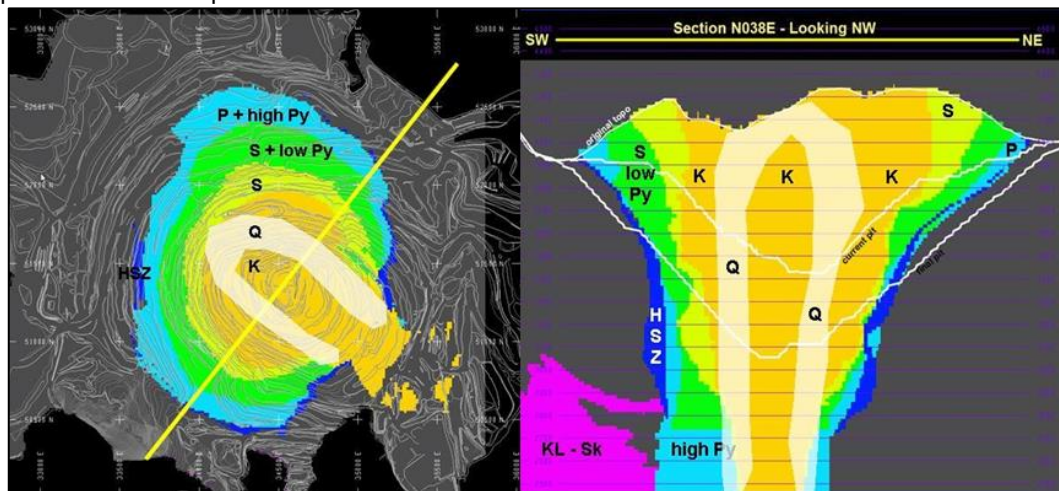
Gambar 3. Tahapan instruksi di endapan porfiri Grasberg yang tertua sampai yang termuda.

Tahapan instruksi di endapan porfiri Grasberg yang tertua sampai yang termuda adalah *Dalam Diorite / Andesit*, *Dalam Volcanic* dan *Dalam diorit Fragmen*, diorit *Main Grasberg intrusion* (MGI), dan diorit Kali. (Lambert dan Cloos 2008).

Alterasi di endapan porfiri Grasberg menunjukkan pola konsentris yang khas berdasar pada pemetaan mineralogi mineral utama yang membentuk berbagai jenis tipe alterasi (Gambar 4).

Zona potasik dicirikan oleh mineral biotit dan magnetit terdapat pada di bagian dalam deposit. Kristalisasi pertama dari biotites dan

magnetit tersebut disebut mineral magmatik. Alterasi silika, stockwork silika dan atau silika flooding, adalah salah satu tahap perubahan terakhir yang terjadi pada deposit porfiri Grasberg. Alterasi silika yang melimpah (*Flooding*), yang berarti perubahan yang luas *overprinting* dan menghancurkan semua tekstur dan mineral sebelumnya, tetapi juga sebagai system urat belalit (*Stockwork*). Sistem stockwork ini sekitar 1km x 600m di area yang memiliki kedalaman sekitar 1.5km. Intensitas sistem stockwork ini membentuk pola sepatu kuda di area kontak Diorit Kali dan GIC.



Gambar 4. Pola alterasi sederhana pada porfiri Grasberg. K = potasik alterasi; S = phyllic-sericite alterasi; P = propylitic alterasi; Q = silika alterasi; HSZ = heavy sulphide zone; Py = pyrite.

ZONA STOCKWORK GRASBERG

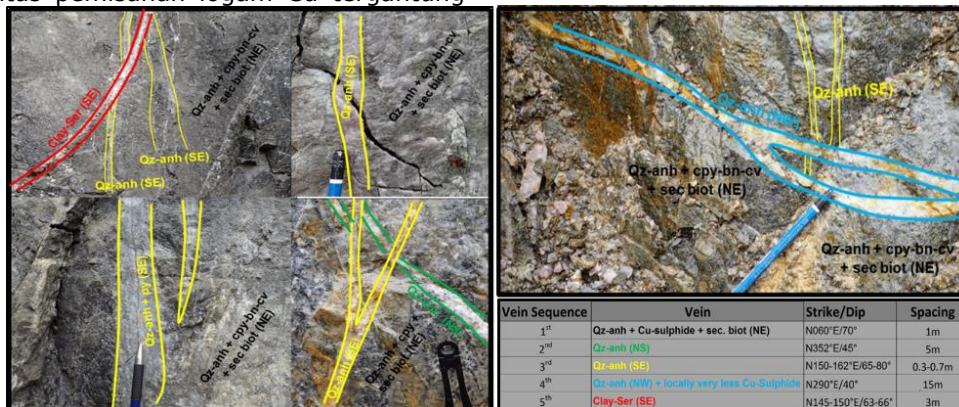
Endapan porfiri Grasberg memiliki karakteristik bijih yang mengandung tembaga dan emas, dimana tembaga dan emas tersebut terbentuk secara *hypogene* didalam urat (*veins*) dan urat belalit kuarsa (*Stockwork*). Selain itu tubuh bijih Grasberg menyerupai bentuk tapal kuda dan berkadar tinggi (*High Grade Ore*) berada atau terpusat di sekitar kontak dibagian tengah GIC.

Dominasi mineralisasi pada tubuh bijih porfiri Grasberg berada di area di bagian tengah GIC pada zona alterasi potasik. Zona stockwork memiliki densitas urat lebih dari 10%, memiliki kandungan mineral tembaga lebih besar dari 1.2%, dengan komposisi urat mineral kuarsa dan magnetit.

Tingkat alterasi potasik ini menjadi sangat berperan dalam proses pemisahan logam. Efektifitas pemisahan logam Cu tergantung

pada tekstur densitas urat dan tingkat kekerasan, dan resistensi batuan.

Data pemetaan mineralogi permukaan (gambar 5.) menunjukkan ada 5 sekuen dari pola saling potong urat. Dari yang tertua hingga termuda yaitu: 1. Kuarsa – Anhidrit – sulfida Cu – magnetit yang mengukuti struktur berarah Utara – Timur; 2. Kuarsa – Anhidrit yang mengikuti struktur berarah Utara – Selatan; 3. Kuarsa – Anhidrit yang mengikuti struktur berarah Selatan – Timur; 4. Kuarsa – Anhidrit dengan kandungan Cu sedikit mengikuti struktur berarah Utara – Barat. ; Dan 5. Clay- Sericite yang mengikuti struktur berarah Selatan – Timur. Urat kuarsa - Anhidrit (Utara – Barat) dipotong oleh urat clay – Sericite (Selatan - Timur) dan keduanya memotong semua urat mineralisasi.



Gambar 5. Hubungan saling potong *Stockwork* (Sirait & Prasetyo. 2017).

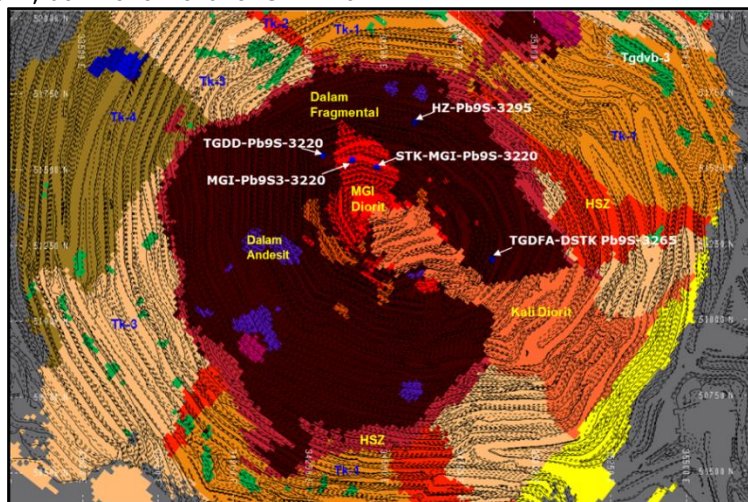
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemetaan Mineral dan Sampling

Pemetaan mineral dan pengambilan sampel dilakukan pada batuan zona stockwork diorit MGI, Diorit Dalam, dan zona Hardzone. Lima

sampel batuan beku diantaranya dua sampel batuan stockwork MGI level 3220m, dua sampel intrusi Dalam level 3220m dan 3265m, dan satu sampel material *Hardzone* level 3295m di ambil pada area PB9S (Gambar 6).



Gambar 6. Titik lokasi pengambilan sampel.

2. Analisa Mineragrafi

Analisa ini dilakukan dengan menggunakan sayatan poles (*doubly polished*) dan untuk mengetahui hubungan antar mineral terhadap tingkat kekerasan dan abrasi batuan di Lab Petrologi & Mineralogi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung.

3. Analisa Metalurgi Drop test

Analisa metalurgi dilakukan untuk mengetahui resistensi batuan terhadap proses mekanis. Sampel yang dipilih dan dikirim berupa fragmen batuan berukuran *boulder* ($\geq 256\text{mm}$) yang merupakan conto batuan dari area hasil peledakan dan data inti bor (gambar 7) dan kemudian di kirim ke lab Metalurgi MP.74 PT.Freeport Indonesia.

Hasil dari *Drop weight test* tingkat energi yang berpengaruh terhadap parameter pemecahan material berdasar pada persamaan:

$$T_{10} = A (1 - e^{bE_{cs}}) \dots\dots(1)$$

T_{10} : Massa produk yang lewat sepersepuluh (Screen 2.8mm) dari ukuran partikel asli (%).

A & b : Tingkat kekerasan material.

$$E_{cs} = mc\Delta h$$

$$E_{cs} = (W_m / T_{10}W_o) * c * \Delta h \dots\dots(2)$$

E_{cs} : Energi yang di gunakan untuk memecah fraksi batuan bijih.

W_m : Berat bandul pada mesin *Drop weight* (gram)

$T_{10}W_o$: Sepersepuluh berat awal fraksi batuan (gram)

c : konstanta 0.00272 M/H₂

Δh : Perbedaan tinggi (mm)

Klasifikasi lab metallurgi PT. Freeport Indonesia membagi tingkat kekerasan batuan terbagi menjadi:

a. $A*b = 16$ adalah sangat keras;

b. $A*b = 60$ adalah normal dan;

c. $A*b > 150$ adalah sangat lunak.

(*SOP drop weight test*, Metalurgi lab PT.Freeport Indonesia)

4. Analisa Metalurgi Abration test

Abration test dilakukan dengan dengan melalui persamaan:

$$T_a = T_{10} \text{ Abration} / 10$$

$$T_a = \{(W_2 / W_1) * 100\} / 10 \dots\dots(3)$$

T_{10} abrasi : Massa produk yang lewat sepersepuluh (Screen 4mm) dari ukuran partikel asli (%).

W_1 : Berat partikel bijih sebelum digiling (gram).

W_2 : Berat partikel bijih yang melewati screen 4mm

(gram).

Nilai resistensi terhadap abrasi (T_a), nilai $T_a < 0.4$ menunjukkan bahwa batuan memiliki tingkat resistensi lebih terhadap abrasi (*SOP Abrasion test*, Metalurgi lab PT.Freeport Indonesia).



Gambar 7. Sampel bor inti untuk drop test dan abrasion test.

HASIL PENELITIAN

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah batuan *Main Grasberg Intrusion* (MGI) yang memiliki pola tekstur urat belalit (*Stockwork*) dan alterasi potasik.

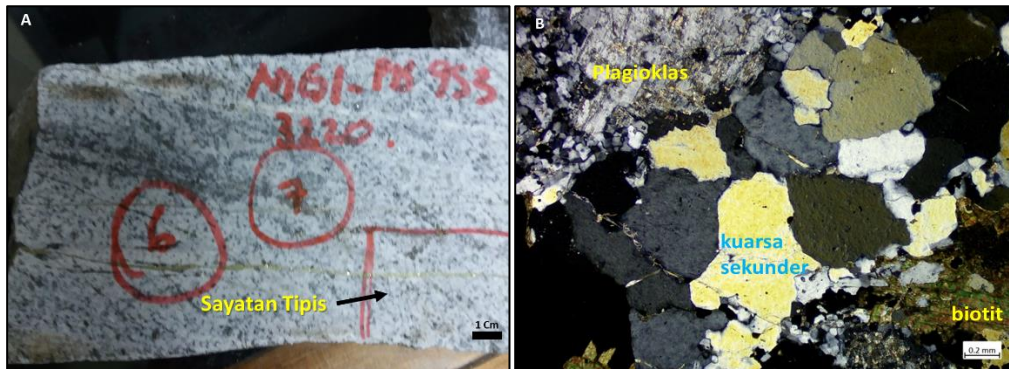
Zona stockwork pada porfiri Grasberg secara intensif terbentuk di litologi Main Grasberg Intrusion (MGI) dengan densitas urat lebih dari 10% dan mineral pengisi kuarsa dan magnetit. MGI yang memiliki tekstur Porfiritik-Faneritik dengan komposisi 50% fenokris plagioklas (1-2mm), Biotit dan Hornblende, memiliki alterasi potasik (Kuarsa, K-Feldspar, Magnetit), dan mengandung mineral sulfida Kalkopirit 2-5%, Bornite 0.3-0.5%, Magnetit 5-7%, dan Pirit 1-3%.

ANALISA PETROGRAFI

Analisa sayatan tipis diperoleh dari 5 sampel material Stockwork, Hardzone, dan Dalam intrusion (Tabel 1). Secara umum semua sayatan menunjukkan tekstur faneritik dengan derajat kristalisasi holokristalin, kehadiran biotit sekunder pada sampel MGI-Pb9S3-3220 (Gambar 8.) dan STK-MGI-Pb9S-3220 menjadi ciri utama dari zona potasik pada batuan MGI. Biotit sekunder yang terbentuk umumnya berukuran halus. Mineral opak nampak tersebar di masa dasar dan juga mengganti mineral mafik primer bersama-sama biotit.

Pada sampel HZ-Pb9S-3295 dan TGDD-Pb9S-3220 kehadiran kuarsa sekunder menunjukkan ubahan ineral pada litologi intrusi Dalam. Pada sampel HZ-Pb9S-3295 pengkayaan Anhidrit dan kuarsa sekunder mempengaruhi tingkat kekerasan

batuan material *hardzone*.



Gambar

8. Batuan diorite MGI dari PB 9S3 level 3220m. (a) Hand specimen Intrusi MGI Grasberg yang sudah mengalami alterasi Potasik. (b) Fotomikrografi Plagioklas berubah menjadi mineral lempung, biotit berukuran sedang berwarna coklat kehijauan, kuarsa sekunder.

Tabel 13. Rangkuman hasil analisis petrografi sampel Stockwork MGI, Hardzone, Intrusi Dalam.

No	Kode sampel	Tekstur	Komposisi Mineral		Nama Batuan
			Primer	Sekunder	
1	HZ-Pb9S-3295	Faneritik-Holokristalin	kuarsa, plagioklas	anhidrit, serisit dan kuarsa sekunder	Dalam Diorite (Hardzone)
2	MGI-Pb9S-3220	Faneritik-Holokristalin	kuarsa, plagioklas, biotit	illit, dan serisit, Biotit	MGI-Diorite
3	STK-MGI-Pb9S-3220	Faneritik-Holokristalin	kuarsa, plagioklas, biotit	anhidrit, serisit dan illit, Biotit	MGI-Diorite
4	TGDD-Pb9S-3220	Faneritik-Holokristalin	kuarsa, plagioklas	serisit, illite dan kuarsa sekunder	Dalam Diorite
5	TGDFA-DSTK-Pb9S-3265	Faneritik-Holokristalin	kuarsa, plagioklas	anhidrit dan serisit	Dalam Diorite

ANALISA MINERAGRAFI

Analisa mineragrafi dilakukan pada conto batuan zona stockwork Main Grasberg Intrusion (MGI) pada 9 sampel sayatan poles.

Beberapa mineral bijih yang dapat diidentifikasi dari ke sembilan contoh batuan tersebut adalah : Kalkopirit, Bornit, Kovelit, Tenanit, Digenite, dan Kalkosit (Gambar 9). Karakteristik optik secara umum dari mineral bijihnya adalah sebagai berikut: Kalkopirit (CuFeS_2) warna kuning dengan anisotropisme lemah, berukuran berkisar 0.05-1mm. Kalkopirit memiliki tekstur *interlocking* dan berasosiasi dengan Bornit, Kovelit, Tenanit, dan Digenit.

Bornit (Cu_5FeS_4) warna violet dengan anisotropisme lemah, berukuran hingga 0.065mm, memiliki tekstur seperti butiran agregat, kalkopirit nampak digantikan oleh Bornit.

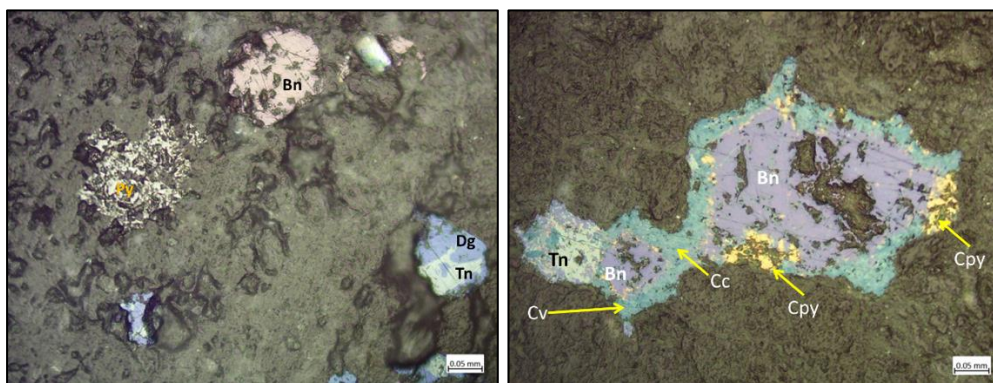
Pirit (FeS_2) warna putih kekuningan dengan anisotropisme lemah, berukuran hingga

0.1mm, memiliki tekstur *interlocking* dengan kalkopirit dan kontak suture dengan Bornit. Tenanit ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$) warna biru abu kehijauan dan isotrop, digantikan oleh digenit, berukuran 0.05mm, dan memiliki tekstur *interlocking* dengan Digenit, berinklusi kalkopirit serta berubah menjadi covelit dan kalkosit.

Digenit (Cu_9S_5) warna biru keabuan dengan isotrop, berukuran hingga 0.06 mm, memiliki tekstur seperti butiran dan tumbuh bersama dengan Tenanit.

Kalkosit (Cu_2S) warna biru keabuan dan tumbuh bersama kovelit, anisotropisme lemah, berukuran hingga 0.1mm, memiliki tekstur *interlocking* dan dalam bentuk butir agregat.

Kovelit (CuS) warna biru indigo dengan bireflektan dan anisotropisme kuat (jingga kemerahan), kovelit nampak mereplace bornit, berukuran berkisar 0.03-0.05mm, dan memiliki tekstur *interlocking* dengan kalkopirit serta bornit.



Gambar 9. Fotomikrografi sayatan poles yang menunjukkan kalkopirit, (Cpy), Bornite (Bn), Digenite (Dg), Tenentit (Tn), kovelit (Cv), Dan Pirit. Paralel nikol.

ANALISA METALURGI

Tabel 2. Hasil analisis droptest dari zona stockwork Grasberg

No	Kode sampel	A*b	Tingkat Kekerasan
1	Sampel 2 L-3517m	60.6	Normal-Lunak
2	Sampel 3 L-3504m	151.4	Sangat Lunak
3	Shovel 9	60.61	Normal-Lunak
4	Shovel 21	61.15	Normal-Lunak
5	Shovel 22	78.06	Normal-Lunak
6	Shovel 4	60.17	Normal-Lunak
7	Shovel Location 1	83.35	Normal-Lunak
8	Shovel location 2	55.05	Keras-Normal
9	L-3310	58.99	Keras-Normal
10	L-3565	48.06	Keras-Normal
11	DT-3295-1-STK	60.04	Normal-Lunak
12	DT-3295-2-STK	63.39	Normal-Lunak
13	DT-3295-3-STK	68.47	Normal-Lunak
14	Pb 8E bottom pit	61.69	Normal-Lunak
15	3385 STK BH	41.71	Keras-Normal
16	3355 STK	59.15	Keras-Normal
17	3370 STK	51.72	Keras-Normal
18	GRD36-16	58.6	Keras-Normal
19	GRD38-13	58.9	Keras-Normal
20	INF37-01	59.87	Keras-Normal

21	INF38-01	57.84	Keras-Normal
22	INF41-06	56.66	Keras-Normal
23	Pb 9N1 3340-stk	50.94	Keras-Normal
24	DT-3205-02	69.68	Normal-Lunak
25	DT-MT35-03GE-07-3325	47.19	Keras-Normal
26	DT-MT35-03GE-07-3326	43.26	Keras-Normal
27	DT-MT35-03GE-07-3327	43.53	Keras-Normal
28	DT-MT35-03GE-07-3328	36.53	Keras-Normal
29	DT-MT35-03GE-07-3329	56.21	Keras-Normal
30	DT-3385-02	44.6	Keras-Normal
31	DT-3385-03	52.9	Keras-Normal
32	DT-3370-02	48.09	Keras-Normal
33	DT-AM30-03H01-3120	56.05	Keras-Normal
34	DT-AM30-03H01-3060	67.59	Normal-Lunak
35	DT-AM30-03H01-3070	63.21	Normal-Lunak
36	DT-AM30-03H01-3110	57.02	Keras-Normal
37	DT-3400-07	49.99	Keras-Normal
38	DT_3385_09	42.89	Keras-Normal
39	DT_3385_08	48.25	Keras-Normal
40	DT_3370_07	44.33	Keras-Normal
41	DT_3340_01	58.57	Keras-Normal
42	DT_3295_04	39.43	Keras-Normal

43	DT_3355_02	51.01	Keras-Normal
44	DT_AM30-04H-03_3135	47.92	Keras-Normal
45	DT_AM30-04H-05_3130	53.11	Keras-Normal
46	DT_AM30-03H-05_3100	64.92	Normal-Lunak
47	DT_AM30-04H-03_3070	53.3	Keras-Normal
48	DT_AM30-03H-05_3070	61.05	Normal-Lunak
49	DT_AM30-03H-05_3130	64.9	Normal-Lunak
50	DT_3355_03	49.01	Keras-Normal
51	DT_VZW34H-402_3190	49.82	Keras-Normal
52	DT_VZW34H-402_3130	66.86	Normal-Lunak
53	DT-MT32-01-GE-01-3085	40.5	Keras-Normal
54	DT-MT32-01-GE-01-3160	46.15	Keras-Normal
55	DT-MT32-01-GE-01-3190	42.36	Keras-Normal
56	DT-MT32-01-GE-01-3240	49.12	Keras-Normal

Tabel 3. Hasil analisis droptest dari zona Hardzone Grasberg

No	Kode sampel	A*b	Tingkat Kekerasan
57	L-3580	35.95	Keras-Normal
58	DT-35295-5-HZ	36.13	Keras-Normal
59	PB9S-E-3655	27.57	Keras-Normal
60	PB9S1-3610-HZ	34.54	Keras-Normal
61	PB9S3-3535-HZ	38.22	Keras-Normal
62	PB9S3-3505-01	33.73	Keras-Normal
63	PB9S3-3505-02	38.15	Keras-Normal
64	PB9S3-3505-03	39.75	Keras-Normal
65	PB9S3-3505-04	36.84	Keras-Normal
66	PB9S3-3505-05	36.21	Keras-Normal
67	DT-MT35-03GE06-3490	24.78	Keras-Normal
68	DT-3460-01	41.22	Keras-Normal
69	DT-3460-02	40.1	Keras-Normal

70	DT-3460-03	37.83	Keras-Normal
71	DT-3475-01	42.29	Keras-Normal
72	DT-3460-06	40.87	Keras-Normal
73	DT-3445-01	35.75	Keras-Normal
74	DT-3445-03	32.01	Keras-Normal
75	DT-3475-02	36.47	Keras-Normal
76	DT-3430-04	32	Keras-Normal
77	DT-3430-05	35.39	Keras-Normal
78	DT-3445-09	39.19	Keras-Normal
79	DT-3445-10	37.1	Keras-Normal
80	DT3415-03	33.88	Keras-Normal
81	DT-3400-01	39.29	Keras-Normal
82	DT-3400-02	35.09	Keras-Normal
83	DT-3400-03	39.29	Keras-Normal
84	DT-3415-07	38.63	Keras-Normal
85	DT-3385-01	36.53	Keras-Normal

Tabel 4. Hasil analisis droptest dari zona Dalam Intrusion.

No	Kode sampel	A*b	Tingkat Kekerasan
86	DT-3415-08	38.31	Keras-Normal
87	PB 9N DC	24.88	Keras-Normal
88	PB9S3 3700	33.72	Keras-Normal
89	DT-3535-DC	29.08	Keras-Normal
90	DT-MT35-03GE-08-3430	44.94	Keras-Normal

Total 90 data uji drop test dilakukan pada 3 jenis diantaranya zona stockwork, zona Hardzone, dan zona intrusi Dalam. Nilai rata-rata tingkat kekerasan batuan (A*b) zona stockwork rata-rata 56.7, zona Hardzone 36.44, dan intrusi Dalam 33.16. Tingkat kekerasan zona stockwork mendekati nilai 60 yang menunjukkan tingkat kekerasan zona stockwork cenderung normal-lunak.

Rata-rata nilai resistensi batuan terhadap abrasi (Ta) zona stockwork 0.48, zona Hardzone 0.36, dan intrusi Dalam 0.27. Nilai

resistensi zona stockwork berada di angka lebih besar dari 0.40 menunjukkan zona stockwork tidak resisten terhadap proses *crushing* dan *milling*.

Dari nilai analisa droptest didapat bahwa zona stockwork MGI memiliki tingkat kekerasan normal-lunak dan nilai tingkat resistensi batuan terhadap abrasi sedang.

Dari keseluruhan metode dan pengujian terhadap sampel batuan zona stockwork alterasi potasik intrusi MGI, maka didapat Karakteristik dari zona tersebut (Tabel 5.) merupakan zona alterasi dengan kelimpahan

biotit sekunder, minim serisit dan hornblenda, dengan kelimpahan densitas stockwork lebih dari 10%. Mineral tembaga hadir dalam bentuk mineral Bornite, Pirit, Tenantit, Digenite, dan Kovelite. Hasil droptest menunjukkan kekerasan batuan tingkat normal lunak dengan nilai 40-50, serta tingkat resistensi sedang dengan nilai Ta 0.32. Hasil ini menjadi referensi bahwa zona stockwork alterasi potasik merupakan zona yang paling efektif pada produksi tambang bawah tanah Grasberg *Block Cave*.

Karakteristik	Zona potasik Intrusi MGI	Keterangan
Alterasi	Potasik kuat	kemelimpahan Biotit sekunder dan dan minimnya serisit serta hornblenda
Karakteristik batuan	Tekstur stockwork	kemelimpahan urat kuarsa dengan densitas urat lebih dari 10%
Karakteristik Cu	Terikat bersamaan dengan Bornite, Pirit, Tenantit, Digenite, dan Kovelite	Kalkopirit terbentuk di tahap pertama selanjutnya digantikan oleh Bornit, Pirit, Tenantit, Digenit, dan Kovelit.
Droptest	Batuan memiliki tingkat kekerasan Normal-lunak	Nilai droptest memiliki kisaran antara 40 – 50
Resistensi batuan	Batuan memiliki tingkat resistensi sedang	Nilai Ta lebih besar dari 0.32

Tabel 5. Karakteristik zona stockwork alterasi potasik intrusi MGI

KESIMPULAN

Dari hasil kajian mengenai studi zona stockwork pada tipe endapan porfiri tambang terbuka Grasberg dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Zona stockwork pada instrusi MGI tipe endapan porfiri Grasberg didominasi oleh alterasi potasik yang di tandai oleh kemelimpahan mineral Biotit sekunder dari hasil analisa mineragrafi dan densitas urat lebih dari 10%. Mineralisasi terdapat pada zona stock, work pada intrusi MGI dengan kehadiran mineral Kalkopirit, Bornite, Pirit, Tenantite, dan Digenite sebagai mineral primer dan mineral anhidrit, serisit, dan magnetit sebagai mineral sekunder.
2. Analisa metalurgi pada sampel menunjukkan tingkat kekerasan dari zona stockwork zona potasik adalah normal-lunak dan tingkat resistensi batuan sedang. Dari hal ini dapat menjadi referensi bahwa zona stockwork alterasi potasik merupakan zona yang paling

efektif pada produksi tambang bawah tanah Grasberg *Block Cave*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kasih yang sebesar besarnya pada manajemen divisi GeoEngineering, PT Freeport Indonesia yang telah mengizinkan penggunaan data untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- GeoEngineering, 2016, Overview 2016 COWA Deposit Update Geoengineering internal report, PT. Freeport Indonesia.
- GeoEngineering, 2007, Ore type zone GeoEngineeering Internal Report, PT Freeport Indonesia.
- Gribble. C. D., and Hall. A.J, 1985, A Practical Introduction to Optical Mineralogy, Goerge Allen & Unwin (publisher) Ltd.
- Housh, T., and McMahon, T., 1999, *Ancient isotopic Characteristics of Neogene Potassic Magmatism in Western New Guinea (Irian Jaya, Indonesia)*, Elsevier

- Sciencce B.V.
- Jong, G. and Wahyu Sunyoto, 2012, A Lifetime Assurance from The Grasberg Copper-Gold Mine and Future Block Caving, PTFI Communication Department, Indonesia
- Lambert, A., and Cloos, M., 2008, *The Heavy Sulfide Zone (HSZ), Marginal Breccia, and Banded Clay of Grasberg Igneous Complex (GIC), Papua, Indonesia*, Departemen of Geological Science, University of Texas at Austin.
- MacDonald George D., and Arnold, L.Clark, 50 (1994), *Geological and geochemical zoning of the Grasberg Igneous Complex, Irian Jaya, Indonesia*, Journal of Geochemical Exploration, p 143-178.
- Metallurgy Lab 74, 5 Oktober 2016, *Abrasion Test SOP*, PT Freeport Indonesia.
- Metallurgy Lab 74, 5 Oktober 2016, *Drop Weight Breakage SOP*, PT Freeport Indonesia.
- Pennington, J., and Kavelieris, I., 1998, *New Advances in Understanding of the Grasberg copper-gold porphyry system, Irian Jaya, Indonesia*. Pasific Rim treasure trove: Copper Gold deposit of the Pasific Rim: Toronto Prospector and Developers Association of Canada, p. 79-94.
- Pollard, P. J., Taylor, R. G., and Peters, L., 2005, Ages of Intrusion, Alteration, and Mineralization at The Grasberg Cu-Au Deposit, Papua, Indonesia. *Economic Geology*, v. 100, pp. 1005-1020, Society of Economic Geologists, Inc.
- Pracejus. B., 2008, *The Ore Minerals under Microscope an Optical guide first edition*, Elsevier
- Sevirajati, R., Rosana, M. F., 2017, *Porphyry Mineralization in Grasberg Block Cave (GBC), Ertzberg District, New Guinea, Indonesia*, ICEE.
- Sirait, J., and Prasetyo, L., 2017, *Geology Controls Grade Variance at Grasberg Porphyry Cu-Au Deposit, Papua-Indonesia*. Journal of Physics Conference Series 1363:012037 · November 2018.