

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	iv
<b>SARI</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	1
1.3 Lokasi dan Pencapaian Daerah Penelitian.....	2
1.4 Waktu Penelitian.....	4
1.5 Rumusan Masalah.....	6
1.6 Hasil yang diharapkan .....	6
1.7 Manfaat Penelitian.....	6

### **BAB II. METODOLOGI PENELITIAN DAN TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Metode dan Tahapan Penelitian.....	8
2.1.1 Tahap Pendahuluan.....	8
2.1.2 Tahap Penelitian Lapangan.....	8
2.1.3 Tahap Analisis Data.....	9
2.1.4 Tahap Penyajian Data .....	11
2.2 Data dan Peralatan Penelitian .....	13
2.3 Dasar Teori Alterasi dan Mineralisasi .....	13
2.3.1 Alterasi Hidrotermal .....	13
2.3.2 Klasifikasi Alterasi Hidrotermal .....	15
2.3.3 Sistem dan Karakterisasi Endapan Porfiri .....	20

2.3.4 Sistem dan Karakterisasi Alterasi Skarn.....	28
2.3.5 Lingkungan Pengendapan.....	31

### **BAB III. GEOLOGI REGIONAL DAERAH PENELITIAN**

3.1 Fisiografi Regional .....	32
3.2 Stratigrafi Regional.....	34
3.2.1 Satuan Batuan Sedimen .....	34
3.2.2 Satuan Batuan Beku.....	38
3.3 Tektonik Regional .....	39
3.3.1 Periode Oligosen sampai Pertengahan Miosen (35-5 JT).....	31
3.3.2 Periode Miosen Akhir-Plistosen (15-2 JT).....	32
3.3.3 Sejarah Perkembangan Umum Tektonik dan Mineralisasi Grasberg ..	36

### **BAB IV. GEOLOGI DAERAH PENELITIAN**

4.1 Geomorfologi Daerah Penelitian .....	47
4.1.1 Geomorfologi Tambang Terbuka ( <i>Open Pit Mining</i> ).....	47
4.1.2 Geomorfologi Daerah Penelitian .....	48
4.1.2.1 Bottom Pit .....	48
4.1.2.2 Hauling Road.....	49
4.1.2.3 Pit .....	51
4.2 Stratigrafi Daerah Penelitian.....	53
4.2.1 Satuan batugamping Kais .....	54
4.2.1.1 Ciri Litologi.....	54
4.2.1.2 Penyebaran Litologi .....	57
4.2.1.3 Umur dan Petrogenesa .....	57
4.2.1.4 Hubungan Stratigrafi .....	57
4.2.2 Satuan diorit Dalam Diorit.....	58
4.2.2.1 Ciri Litologi.....	58
4.2.2.2 Penyebaran Litologi .....	60
4.2.2.3 Umur dan Petrogenesa .....	60
4.2.2.4 Hubungan Stratigrafi .....	61
4.2.3 Satuan andesit Dalam Fragmental .....	61
4.2.3.1 Ciri Litologi.....	62

4.2.3.2 Penyebaran Litologi .....	64
4.2.3.3 Umur dan Petrogenesa .....	64
4.2.3.4 Hubungan Stratigrafi .....	66
4.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian.....	66
4.3.1 Struktur Kekar.....	67
4.3.2 Struktur Sesar.....	68
4.3.3 Paragenesa Struktur di Daerah Penelitian.....	69

## **BAB V. ALTERASI DAN MINERALISASI DAERAH PENELITIAN**

5.1 Alterasi Daerah Penelitian .....	71
5.1.1 Tipe Potasik .....	72
5.1.2 Tipe Profilitik.....	76
5.1.3 Tipe Skarn.....	78
5.1.4 Tipe Filik.....	82
5.1.5 Tipe Silisifikasi .....	84
5.2 Mineralisasi Daerah Penelitian .....	87
5.3 Model Alterasi Daerah Penelitian.....	91
5.4 Karakteristik Tipe Endapan .....	93

## **BAB VI. SEJARAH GEOLOGI DAERAH PENELITIAN**

6.1 Proses Sedimentasi Batugamping <i>New Guinea</i> .....	95
6.2 Proses Tektonik dan Orogenesa .....	95
6.3 Proses Intrusi Komplek Batuan Beku Grasberg .....	96
6.4 Proses Penambangan .....	102

## **BAB VI. PENUTUP .....105**

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

LAMPIRAN ANALISIS KEKAR

LAMPIRAN ANALISIS SESAR

LAMPIRAN ANALISIS PETROGRAFI

LAMPIRAN ANALISA NIR

LAMPIRAN *DRILL HOLE*

LAMPIRAN PETA LINTASAN

LAMPIRAN PETA GEOLOGI DAN PENAMPANG GEOLOGI

LAMPIRAN PETA ALTERASI DAN LAMPIRAN PENAMPANG ALTERASI

LAMPIRAN PETA MINERALISASI DAN LAMPIRAN PENAMPANG

MINERALISASI

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian pada Wilayah Kontrak PT.FI .....	3
Gambar 1.2 Tubuh bijih Distrik Ertsberg dan lokasi tambang permukaan Grasberg Pit .....	3
Gambar 2.1 Sampel batuan yang telah di preparasi untuk dilakukan analisis NIR ...	9
Gambar 2.2 ASD-Indigo Pro .....	10
Gambar 2.3 Proses pengambilan data drill hole dan sampel batuan core hasil proses drilling .....	10
Gambar 2.4 Diagram alir penelitian .....	12
Gambar 2.5 Model genetik dan asosiasi tipe endapan porfiri (Silitoe, 2010).....	21
Gambar 2.6 Kerangka tektonik berupa subduksi (penunjaman) terhadap pembentukkan tipe endapan porfiri .....	22
Gambar 2.7 Stadia pembentukkan alterasi pada tipe endapan porfiri (Silitoe, 1993).....	24
Gambar 2.8 Stadia pembentukkan alterasi alterasi pada tipe endapan porfiri (Silitoe, 2010).....	25
Gambar 2.9 Model klasik tipe alterasi dan zonasi kadar bijih pada endapan porfiri (Lowell Guilbert, 1997).....	26
Gambar 2.10 Paragenesa pembentukkan alterasi dan mineralisasi pada endapan porfiri (Corbett dan Leach, 1997) .....	27
Gambar 2.11 Stadia pembentukkan tipe endapan skarn (Corbett dan Leach, 1997).....	30
Gambar 2.12 Stadia pembentukkan tipe endapan skarn .....	30
Gambar 2.13 Model lingkungan pengendapan vulkanik (Bogie & Mackenzie, 1998).....	31
Gambar 3.1 Fisiografi daerah Papua .....	32
Gambar 3.2 Fisiografi Papua berdasarkan fase tektonik (Sapiie & Cloos, 2004).....	34
Gambar 3.3 Stratigrafi regional umum pada daerah penelitian (Quarles Van Ufford, 1996).....	37
Gambar 3.4 Skema lokasi dan kondisi sumber magma dari COW A, PT.Freeport Indonesia (De Jong dan Sunyoto, 2012) .....	38

Gambar 3.5 Diagram blok Komplek Batuan Beku Grasberg (McDonald dan Arnold, 1994 dalam Sapiie dan Cloos, 2012) .....	39
Gambar 3.6 Perkembangan tektonik Papua (Smith, 1990) .....	40
Gambar 3.7 Stadia tektonik Papua pada 25-8 juta tahun yang lalu (Quarles Van Ufford & Cloos, 2004) .....	43
Gambar 3.8 Stadia tektonik Papua pada 8-0 juta tahun yang lalu (After Weiland & Cloos, 1996) .....	36
Gambar 3.9 Peta Geologi wilayah Kontrak Kerja “A” Kawasan Tambang Terbuka Distrik Erstberg (PT.FI, 1998) .....	46
Gambar 4.1 Kenampakkan tambang terbuka ( <i>Open Pit Mining</i> ) .....	47
Gambar 4.2 Tahapan penambangan (metode <i>pushback</i> ) .....	48
Gambar 4.3 <i>Bottom pit</i> tambang terbuka Grasberg.....	49
Gambar 4.4 <i>Hauling road</i> tambang terbuka Grasberg.....	51
Gambar 4.5 Sketsa bagian-bagian <i>Pit</i> pada sistem tambang terbuka.....	52
Gambar 4.6 Tambang terbuka Grasberg yang berasosiasi dengan <i>hauling road</i> dalam kegiatan aktif penambangan .....	52
Gambar 4.7 (A) Kenampakkan singkapan Satuan Batugamping lokasi pengamatan 43. (B) Foto <i>handspecimen</i> batugamping ( <i>Floatstone</i> ). (C) Foto <i>Handspecimen</i> batugamping yang mengalami ubahan skarn .....	54
Gambar 4.8 Kenampakkan sayatan petrografi Satuan Batugamping .....	56
Gambar 4.9 Deskripsi <i>Core</i> pada Satuan Batugamping.....	56
Gambar 4.10 (A) Foto parameter singkapan intrusi diorit yang mengalami ubahan potasik lokasi pengamatan 247. (B) Kenampakkan <i>handspecimen</i> intrusi diorit. (C) <i>Handspecimen</i> material <i>rock slab</i> diorit yang mengalami ubahan potasik .....	58
Gambar 4.11 Foto kenampakkan petrografi satuan intrusi diorit yang mengalami ubahan potasik.....	59
Gambar 4.12 Deskripsi <i>core</i> pada Satuan diorit yang mengalami ubahan potasik....	60
Gambar 4.13 Skema pembentuk intrusi diorit sebagai fasies sentral pada daerah aktif vulkanisme (Bogie & Mackenzie, 1998).....	61
Gambar 4.14 (A) Kenampakkan singkapan andesit pada ubahan filik lokasi pengamatan 191. (B) Foto <i>handspecimen</i> andesit yang mengalami	

ubahan Filik dengan intensitas kuat. (C) Foto <i>handspecimen</i> andesit yang mengalami ubahan Silisifikasi dengan intensitas kuat .....	62
Gambar 4.15 Kenampakkan sayatan petrografis Satuan andesit yang telah mengalami ubahan filik.....	63
Gambar 4.16 Deskripsi <i>core</i> pada Satuan andesit yang mengalami ubahan filik.....	64
Gambar 4.17 Skema pembentukan breksi diatrem pada anggota Dalam Fragmental.....	65
Gambar 4.18 Pola-pola kelurusan sesar berdasarkan interpretasi foto udara .....	66
Gambar 4.19 Proses pembentukan <i>Left Lateral Strike Slip Fault</i> area Grasberg (Tchalenko, 1970) .....	70
Gambar 5.1 (A) Foto singkapan alterasi potasik pada lokasi pengamatan 12. (B) <i>Handspecimen</i> alterasi potasik dengan kehadiran mineral K-feldspar, biotit, kuarsa, anhidrit. (C) Kenampakkan singkapan <i>Vein</i> kuarsa-serisit-pirit pada alterasi potasik.....	73
Gambar 5.2 Sayatan petrografi pada alterasi potasik.....	74
Gambar 5.3 Deskripsi <i>core</i> alterasi potasik merubah protolith andesit .....	75
Gambar 5.4 Deskripsi <i>core</i> alterasi potasik merubah protolith diorit.....	75
Gambar 5.5 (A) Foto parameter ubahan potasik yang telah mengalami proses <i>Leaching</i> pada lokasi pengamatan 214. (B) <i>Handspecimen</i> gipsum yang mengubah anhidrit akibat pengkayaan larutan/air saat proses <i>leaching</i> berlangsung.....	76
Gambar 5.6 (A) Foto Parameter singkapan alterasi profilitik kontak dengan alterasi filik pada lokasi pengamatan 101. (B) Foto parameter alterasi profilitik berasosiasi dengan <i>clay minerals</i> .....	77
Gambar 5.7 Deskripsi <i>core</i> alterasi profilitik mengisi rekahan .....	78
Gambar 5.8 (A) Foto parameter singkapan alterasi skarn kontak dengan batugamping pada lokasi pengamatan 85. (B) Foto <i>handspecimen</i> alterasi skarn berubah secara intensif dengan kehadiran mineral garnet. (C) Foto parameter alterasi skarn mengubah sebagian protolith .....	79
Gambar 5.9 (A) Foto parameter singkapan alterasi skarn yang telah mengalami pelapukan pada lokasi pengamatan 48. (B) <i>Handspecimen</i> alterasi	

skarn yang telah mengalami pelapukan. (C) Foto mineralisasi masif pirit yang terdapat pada alterasi skarn.....	80
Gambar 5.10 Sayatan petrografi pada alterasi skarn.....	81
Gambar 5.11 Analisa NIR pada alterasi skarn.....	81
Gambar 5.12 Deskripsi <i>core</i> pada alterasi skarn.....	82
Gambar 5.13 (A) Foto parameter singkapan alterasi filik pada lokasi pengamatan 181. (B) Foto parameter singkapan alterasi filik. (C) Foto parameter <i>vein</i> terisi serisit-kuarsa pada alterasi filik.....	83
Gambar 5.14 Pengamatan alterasi filik pada sayatan petrografis.....	84
Gambar 5.15 Deskripsi <i>core</i> pada alterasi filik.....	84
Gambar 5.16 (A) Foto parameter singkapan alterasi silisifikasi pada lokasi pengamatan 192. (B) Foto parameter alterasi silisifikasi dengan kehadiran mineral magnetit. (C) <i>Handspecimen</i> alterasi silisifikasi.....	85
Gambar 5.17 Pengamatan alterasi silisifikasi pada sayatan petrografis.....	86
Gambar 5.18 Deskripsi <i>core</i> pada alterasi silisifikasi.....	87
Gambar 5.19 (A) Mineralisasi Kalkopirit-Pirit. (B) Mineralisasi Bornit-Kovelit-Kalkopirit. (C) Mineralisasi Magnetit-Kalkopirit-Pirit. (D) Mineralisasi Magnetit-Kalkopirit-Garnet. (E) Mineralisasi Magnetit-Garnet-Kalkopirit-Bornit. (F) Mineralisasi Pirit Masif ( <i>Replacement Sulphide</i> ). (G) Mineralisasi Molibdenit. (H) Mineralisasi Magnetit-Molibdenit.....	89
Gambar 5.20 Model penampang sayatan A-A' daerah penelitian berdasarkan pemetaan di permukaan dan data <i>drilling</i> .....	91
Gambar 5.21 Model penampang sayatan B-B' daerah penelitian berdasarkan pemetaan di permukaan dan data <i>drilling</i> .....	91
Gambar 6.1 Orogenesa pegunungan tengah pulau Papua (Cloos dan Housh, 2008 dalam de Jong dan Sunyoto, 2012).....	96
Gambar 6.2 Model struktur regional Grasberg (Tchalenko).....	97
Gambar 6.3 Blok 3D MVF- <i>Meren Valley Fault</i> , E1F- <i>Ertsberg 1 Fault</i> yang merupakan domain struktur pada wilayah Grasberg; GIC-Grasberg <i>Igneous Complex</i> (Sapiie dan Cloos, 2012).....	98

Gambar 6.4 Diagram blok model sejarah pembentukan alterasi <i>Grasberg Intrusion Complex</i> sebelum ditambang, tanpa skala (Penulis, 2016) .....	100
Gambar 6.5 Diagram blok model pembentukan breksi diatrem daerah penelitian, tanpa skala (Penulis, 2016).....	100
Gambar 6.6 Model genetik stadia alterasi (Corbett, 2009) .....	101
Gambar 6.7 Diagram blok mineralisasi daerah penelitian, tanpa skala (Penulis, 2016).....	102
Gambar 6.8 Diagram blok kondisi geologi daerah penelitian tahun 2016 (Penulis, 2016).....	103
Gambar 6.9 Diagram blok zona alterasi daerah penelitian tahun 2016 (Penulis, 2016).....	103
Gambar 6.10 Diagram blok zona mineralisasi daerah penelitian tahun 2016 (Penulis, 2016) .....	104

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rencana dan Waktu Penelitian .....	5
Tabel 2.1 Intensitas dan pola ubahan hidrotermal .....	14
Tabel 2.2 Temperatur pembentukan mineral alterasi.....	15
Tabel 2.3 Diagram alterasi menurut Corbett dan Leach (1997).....	18
Tabel 2.3 Penyederhanaan jenis alterasi hidrotermal (Corbett dan Leach, 1993) .....	20
Tabel 4.1 Analisa geomorfologi pada daerah penelitian.....	53
Tabel 4.2 Legenda stratigrafi daerah penelitian menurut penulis .....	54
Tabel 5.1 Zonasi tipe alterasi daerah penelitian (Penulis, 2016) .....	72
Tabel 5.2 Stadia mineralisasi pada tipe endapan porfiri (Corbett dan Leach, 1997).....	88
Tabel 5.3 Stadia pembentukkan alterasi potasik (Corbett dan Leach, 1997).....	90
Tabel 5.4 Stadia pembentukkan alterasi filik (Corbett dan Leach, 1997).....	91
Tabel 5.5 Karakteristik tipe endapan daerah penelitian .....	92