

**KARAKTERISTIK ENDAPAN EMAS *SEDIMENT-HOSTED REPLACEMENT*  
DI DAERAH SIHAYO, KABUPATEN MANDALING-NATAL,  
SUMATERA UTARA**



**T E S I S**

Nayarudin Nofiya Rahmat, ST  
211080055

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “ VETERAN “  
YOGYAKARTA  
2013**

**KARAKTERISTIK ENDAPAN EMAS *SEDIMENT-HOSTED REPLACEMENT*  
DI DAERAH SIHAYO, KABUPATEN MANDALING-NATAL,  
SUMATERA UTARA**



**T E S I S**

**Tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik  
dari Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta**

**Oleh :**

Nayarudin Nofiya Rahmat, ST  
211080055

Pembimbing II

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA  
NIP. 19540907 198301 1 001

Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT  
NIP. 19581202 199203 1 001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Magister Teknik Geologi

Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT  
NIP. 19581202 199203 1 001

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “ VETERAN “  
YOGYAKARTA  
2013

**Tesis Berjudul**

**KARAKTERISTIK ENDAPAN EMAS *SEDIMENT-HOSTED REPLACEMENT*  
DI DAERAH SIHAYO, KABUPATEN MANDALING-NATAL,  
SUMATERA UTARA**

Nayarudin Nofiya Rahmat, ST  
211080055

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada tanggal dan dinyatakan  
telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji / Pembimbing II

Penguji / Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA  
NIP. 19540907 198301 1 001

Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT  
NIP. 19581202 199203 1 001

Penguji

Penguji

Dr. Agus Harjanto, ST, MT  
NPY. 2 69080 95 0041 1

Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, M.Sc  
NIP. 19480219 197304 1 001

Mengetahui,  
UPN "Veteran" Yogyakarta

Direktur  
Program Pascasarjana

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Geologi

Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA  
NIP. 19540907 198301 1 001

Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT  
NIP. 19581202 199203 1 001

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa penyusunan tesis ini adalah hasil penelitian saya sendiri terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka.



Yogyakarta, Februari 2013

Nayarudin Nofiya Rahmat, ST

## STATEMENT

I state of this report thesis result originating from my own research except in reference of several conceptions where are mentioned in the bibliography.

Yogyakarta, Februari 2013

Nayarudin Nofiya Rahmat , ST



## SARI

Lokasi penelitian terletak di Sihayo yang termasuk dalam wilayah Desa Hutagodang Muda, Kecamatan Siabu, Kabupaten Mandailing Natal, Propinsi Sumatera Utara. Secara astronomis daerah ini terletak antara  $099^{\circ} 25' 31.47''$  –  $099^{\circ} 26' 20.04''$  BT dan  $00^{\circ} 55' 0.23''$  –  $00^{\circ} 56' 4.98''$  LU.

Daerah telitian tersusun atas tiga satuan batuan yaitu satuan batupasir vulkanik, satuan batugamping dan satuan batupasir kuarsa; dengan empat bentukan lahan geomorfik yaitu Punggungan Pegunungan Homoklin pada Satuan Batupasir Kuarsa, Lereng Pegunungan Homoklin pada Satuan Batupasir Kuarsa, Lereng Pegunungan Terkikis Kuat pada Satuan Vulkanik, dan Lereng Pegunungan Terkikis Kuat pada Satuan Batugamping dengan lereng miring hingga sangat curam.

Hasil alterasi hidrotermal pada endapan emas *sediment-hosted replacement* yang terbentuk meliputi empat jenis yaitu silisifikasi, argilisasi, dekalsifikasi/dolomitisasi, serta propilitisasi yang terutama dikontrol oleh jenis batuan sampling dan struktur geologi. Kumpulan mineral bijih yang terbentuk yaitu meliputi pirit, markasit, pirit-arsenikal, markasit-arsenikal, arsenopirit, stibnit, orpimen, realgar, sinabar, pirargirit, hematit, limonit, dan gutit. Mineralisasi emas lebih umum hadir dalam batuan sedimen karbonat tersilisifikasi menjadi jasperoid oleh proses penggantian dan banyak mengandung mineral-mineral sulfida terhambur. Bentuk endapan bijih biasanya mengikuti lapisan batuan, zona breksi runtuhan, batas ketidakselarasan, zona breksiasi jalur sesar, dan endapan gua purba.

Karakteristik alterasi dan mineralisasi secara normal hampir mirip menyerupai endapan epitermal namun endapan ini berbeda dalam batuan sampling, tekstur maupun keadaan geologinya lainnya.

Kata kunci: emas *sediment-hosted*, penggantian, *host rock*, dekalsifikasi, dolomitisasi, silisifikasi, jasperoid, sulfida terhambur

## **ABSTRACT**

*The location of research is located at Sihayo, Hutagodang village, Siabu subdistrict, Mandailing Natal Regency, North Sumatra Province. Astronomically this area is located at coordinate between Longitude 099° 25' 31.47" – 099° 26' 20.04" E and Latitude 00° 55' 0.23" – 00° 56' 4.98" N.*

*The area contains of three set of rocks, i.e. unit of volcanic sandstone, unit of limestone, and unit of quartz sandstone; with four geomorphic forms, these are ridge of mountain range of homocline on quartz sandstone unit, slope of mountain range of homocline on quartz sandstone unit, slope of mountain range of strongly denudation on volcanic unit, and slope of mountain range of strongly denudation on limestone unit with slope from moderate sloping to very steep.*

*Hydrothermal alteration assemblage in sediment-hosted replacement gold deposit at Sihayo consists of four types of alterations, i.e. silicification, argillization, decalcification/dolomitization, and propylitization that mainly controlled by host rock and structure. The ore mineralogy assemblage is pyrite, marcasite, arsenical-pyrite, arsenical-marcasite, arsenopyrite, stibnite, orpiment, realgar, cinnabar, pyrargyrite, hematite, limonite, and goethite. Gold mineralisation commonly on silicified of calcareous rock become jasperoid with replacement processes and dissemination of sulphide minerals. The ore body forms at Sihayo generally follow statabound, collapse breccias, unconformity, fault zone (structural), and paleo-cave sediment.*

*Characteristic of alteration and mineralisation normally almost similar with epithermal deposit, but the deposit at Sihayo is different in host rock, textures and other geological condition.*

*Keywords: sediment-hosted gold, replacement, host rock, decalcification, dolomitization, silicification, jasperoid, disseminated sulphides*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T. atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tesis ini dapat diselesaikan. Tulisan ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Magister Teknik Geologi pada Program Pasca Sarjana, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, dengan judul **“Karakteristik Endapan Emas *Sediment-Hosted Replacement* di Daerah Sihayo, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara”**.

Pada kesempatan ini Peneliti mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan bantuannya dalam penyusunan laporan tesis kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA selaku Direktur Program Pascasarjana dan telah memberikan bimbingannya dalam penyusunan tesis ini.
2. Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT selaku Ketua Program Studi dan telah memberikan bimbingan dan saran untuk menyelesaikan penyusunan tesis ini.
3. Mr. Roderick Edwin Jones selaku Presiden Direktur dan Ir. Budendhi Thomas selaku Manager Eksplorasi PT. Sorikmas Mining yang telah memberikan ijin atas lokasi daerah penelitian.
4. Anakku tersayang Talitha Syifa Nayahmat serta kedua orang tua yang selalu mendukung dalam pengambilan studi ini.
5. Teman-teman kerja di PT. Sorikmas Mining dan teman-teman Magister Teknik Geologi yang banyak membantu terutama dalam diskusinya selama ini.
6. Seluruh pihak yang telah membantu dalam tesis ini.

Akhir kata, peneliti berharap semoga tesis ini berguna bagi kita semua.

Yogyakarta, Februari 2013

Peneliti,

Nayarudin Nofiya Rahmat, ST.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
SARI.....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xv
DAFTAR FOTO .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Hipotesis.....	2
1.5 Asumsi .....	2
1.6 Hasil dan Manfaat Penelitian .....	2
1.7 Lokasi Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Larutan Hidrotermal .....	6
2.2 Klasifikasi Endapan Hidrotermal. ....	7
2.3 Definisi Endapan Emas <i>Sediment-hosted Replacement</i> .....	8
2.4 Karakteristik Endapan <i>Sediment-hosted Replacement</i> .....	10
2.4.1 Kontrol Geologi Endapan <i>Sediment-hosted Replacement</i> .....	11
2.4.2 Alterasi Hidrothermal .....	14
2.4.3 Mineralisasi Emas.....	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Tahapan Pendahuluan.....	18
3.1.1 Studi Pustaka .....	18
3.1.2 Penyusunan Proposal Penelitian.....	18
3.2 Tahapan Pengumpulan Data .....	19
3.2.1 Data Sekunder .....	19
3.2.2 Data Primer.....	19
3.3 Tahapan Analisis dan Evaluasi Data.....	20
3.3.1 Analisis Data Pengukuran Lintasan dan <i>Core Logging</i> .....	21
3.3.2 Analisis Struktur Geologi.....	21
3.3.3 Analisis Petrografi dan Mineragrafi .....	22
3.3.4 Analisis Geokima AAS.....	22
3.3.5 Analisis XRD .....	23
3.3.6 Analisis PIMA.....	23
3.3.7 Analisis Inklusi Fluida .....	24
3.4 Tahapan Penyajian Data dan Pelaporan .....	25
 BAB IV GEOLOGI DAERAH MANDAILING-NATAL .....	 27
4.1 Geomorfologi .....	27
4.2 Stratigrafi.....	28
4.2.1 Batuan Pra-Tersier .....	28
4.2.1.a Kelompok Tapanuli.....	30
4.2.1.b Kelompok Pausangan.....	31
4.2.1.c Kelompok Woyla .....	33
4.2.1.d Batuan Intrusi Pra-Tersier .....	35
4.2.2 Batuan Tersier .....	37
4.2.2.a Batuan Sedimen Tersier .....	37
4.2.2.b Batuan Intrusi dan Vulkanik Tersier.....	40
4.2.3 Batuan Kuarter .....	40
4.2.3.a Batuan Vulkanik Kuarter.....	40
4.2.3.b Sedimen Aluvium Kuarter.....	40
4.3 Struktur dan Evolusi Tektonik.....	41

BAB V GEOLOGI DAERAH SIHAYO .....	45
5.1 Geomorfologi .....	45
5.2 Stratigrafi.....	49
5.2.1 Satuan Batupasir Vulkanik.....	49
5.2.2 Satuan Batugamping .....	56
5.2.3 Satuan Batupasir Kuarsa .....	63
5.3 Struktur Geologi .....	68
5.3.1 Struktur Kekar .....	68
5.3.2 Struktur Sesar .....	69
5.4 Sejarah Geologi .....	77
BAB VI KARAKTERISTIK DAN MODEL ENDAPAN .....	79
6.1 Alterasi .....	79
6.1.1 Dekalsifikasi dan Dolomitisasi.....	83
6.1.2 Silisifikasi.....	85
6.1.3 Alterasi Argilik.....	90
6.1.4 Alterasi Propilitik .....	92
6.1.5 Zonasi Alterasi .....	93
6.2 Mineralisasi .....	98
6.2.1 Kumpulan Mineral Bijih.....	98
6.2.2 Mineragrafi.....	101
6.2.3 Assosiasi Geokimia .....	106
6.3 Inklusi Fluida.....	110
6.4 Paragenesa Mineral.....	115
6.5 Tipe dan Model Konseptual Endapan.....	121
BAB VII KESIMPULAN .....	133
DAFTAR PUSTAKA .....	134
LAMPIRAN .....	137

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta lokasi telitian yang berada di wilayah Kontrak Karya PT. Sorikmas Mining ..... 5
Gambar 2.1	Distribusi endapan emas <i>sediment-hosted replacement</i> (tipe Carlin) di dunia (dimodifikasi oleh Lefebure dkk. 1999, dari Christensen dkk. 1996) .....10
Gambar 2.2	Model skematik pola-pola endapan bijih utama <i>sediment-hosted</i> yang mengindikasikan beberapa variasi pengontrol mineralisasi emas (Garwin 2002, dimodifikasi dari Norby 2001).....11
Gambar 2.3	Model skematik yang menunjukkan hubungan antara <i>sediment-hosted</i> dengan endapan porfir dan skarn beserta kedalaman formasi (Sillitoe dan Bonham 1990).....14
Gambar 2.4	Model skematik yang menunjukkan zona ubahan dalam endapan emas tipe <i>sediment-hosted replacement</i> (Arehart 1996).....16
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian .....26
Gambar 4.1	Peta geologi pulau Sumatera yang disederhanakan, menunjukkan penyebaran batuan basement Paleozoikum, kelompok Woyla, sedimen dan volkanik Tersier, serta volkanik Kuartar, menurut Barber dkk. (2005) .....28
Gambar 4.2	Unit stratigrafi batuan Pra-Tersier di Sumatera bagian utara yang diusulkan oleh Cameron dkk. (1980), dalam Barber dkk. (2005).....29
Gambar 4.3	Penyebaran unit batuan berumur Karbon, Permian, dan Trias di Sumatera bagian utara dan tengah, serta batuan intrusif berumur Permian-Akhir hingga Trias, oleh Barber dkk. (2005).....32
Gambar 4.4	Penyebaran kelompok Woyla di daerah Natal, Sumatera Utara. Dimodifikasi dari Rock dkk. (1983), dalam Barber dkk. (2005). ..34
Gambar 4.5	Batuan intrusi (granit) di Sumatera, semenanjung Malaya, Bangka, dan Belitung, menurut Barber dkk. (2005).....36
Gambar 4.6	Blok-blok sesar dibatasi oleh segmen dari Sistem Sesar Sumatera berdasarkan Peta Geologi Puslitbang Geologi dari lembar Lubuksikaping (Rock dkk. 1983). Hasil korelasi dari granit Air Mabara dan Sopan menunjukkan gerakan mendatar dextral sejauh 42 km pada Patahan Lubuksikaping diambil dari Hahn & Weber (1981b). Jika korelasi dari granit tersebut benar maka blok yang dibatasi sesar telah berputar berlawanan arah jarum jam sekitar 40°, Barber dkk. (2005).....43
Gambar 4.7	Peta geologi daerah Panyabungan dan sekitarnya (PT. Sorikmas Mining 1999), mengacu pada Rock dkk. (1983).....44
Gambar 5.1	Visualisasi 3 dimensi peta geomorfologi daerah Sihayo dan kondisi morfologi regional daerah sekitarnya.....46

Gambar 5.2	Peta geomorfologi daerah Sihayo dan sekitarnya .....	48
Gambar 5.3	Kolom stratigrafi daerah telitian dan sekitarnya (tanpa skala) mengacu kepada Rock dkk. (1983) .....	68
Gambar 5.4	Hubungan antara perubahan pola struktur dan magmatisme pada batas antar lempeng konvergen miring (Corbett dan Leach, 1998) .....	70
Gambar 5.5	Pola struktur regangan yang menghasilkan model mineralisasi pada setiap perbedaan level kedalaman di dalam lapisan kerak bumi (Corbett dan Leach 1998).....	70
Gambar 5.6	Peta pola kelurusan zona sesar berdasarkan data foto udara citra SRTM; kotak merah menunjukkan lokasi daerah penelitian .....	73
Gambar 5.7	Hasil analisis kelurusan zona sesar menggunakan diagram roset pada citra SRTM diseluruh bagian peta dengan jumlah kelurusan 127 .....	73
Gambar 5.8	Peta interpretasi struktur geologi berdasarkan data foto udara citra SRTM (Russell 2009); kotak hitam adalah lokasi daerah penelitian .....	74
Gambar 5.9	Peta lintasan daerah telitian yang menunjukkan data lithologi, alterasi, dan struktur.....	75
Gambar 5.10	Peta geologi daerah Sihayo berdasarkan data pemetaan permukaan dan lubang bor, dan foto udara.....	76
Gambar 6.1	Peta alterasi daerah Sihayo berdasarkan data pemetaan permukaan dan bawah permukaan dari contoh pemboran inti ( <i>core</i> ).....	97
Gambar 6.2	Model konseptual alterasi dan kontrol mineralisasi emas dan perak daerah Sihayo.....	129
Gambar 6.3	Model geologi dalam blok 3 dimensi daerah Sihayo dan sekitarnya .....	130

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Korelasi suksesi pengendapan Tersier untuk peta geologi lembar Lubuksikaping yang meliputi Cekungan Sumatera Barat dan Tengah (Rock dkk. 1983).....	38
Tabel 6.1	Hasil analisis XRD pada zona batuan tersilisifikasi.....	80
Tabel 6.2	Hasil analisis XRD pada zona batuan teralterasi silika-argilik.....	81
Tabel 6.3	Hasil analisis XRD pada zona batuan terargilisasi.....	81
Tabel 6.4	Hasil analisis XRD pada zona batuan terpropilitisasi.....	81
Tabel 6.5	Hasil analisis PIMA pada zona batuan tersilisifikasi. ....	82
Tabel 6.6	Distribusi mineral-mineral ubahan, urutan waktu terbentuk serta posisi relatif terhadap aliran fluida dalam pembentukan endapan emas di Sihayo.....	82
Tabel 6.7	Hasil pengukuran dan perhitungan mikrotermometri rata-rata ( <i>mean</i> ) dari analisis inklusi fluida .....	112
Tabel 6.8	Paragenesa mineralisasi di Sihayo.....	119
Tabel 6.9	Model endapan emas dan sedikit perak terhambur tipe <i>sediment-hosted</i> daerah Sihayo .....	130
Tabel 6.10	Perbandingan model endapan emas <i>sediment-hosted replacement</i> di daerah Sihayo dengan endapan emas di Carlin secara umum.....	132
Tabel 6.11	Perbandingan karakteristik endapan emas <i>sediment-hosted replacement</i> di daerah Sihayo dengan endapan bijih <i>skarn</i> secara umum .....	132

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 6.1	Hasil analisis XRD pada batuan teralterasi.....	80
Grafik 6.2	Pola diagram grafik antar semua unsur Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn, Mo, dan Hg pada hasil analisis AAS pada percontohan pemboran inti dengan jumlah contoh 50.....	107
Grafik 6.3	Pola hubungan antar unsur Au dan Ag pada hasil analisis AAS pada percontohan pemboran inti dengan jumlah contoh 50 .....	108
Grafik 6.4	Histogram hasil analisis AAS pada percontohan pemboran inti dengan jumlah contoh 50 .....	109
Grafik 6.5	Histogram hasil analisis inklusi fluida untuk suhu homogenisasi (Th) pada waktu pemanasan ( <i>heating</i> ).....	111
Grafik 6.6	Histogram hasil analisis inklusi fluida untuk suhu pelelehan (Tm) pada waktu pembekuan ( <i>freezing</i> ) .....	112
Grafik 6.7	Grafik suhu homogenisasi saat pembekuan lawan salinitas equivalen .....	113
Grafik 6.8	Diagram hubungan suhu dan kedalaman proses mineralisasi di daerah Sihayo (mengacu kepada Haas, 1971).....	114

## DAFTAR FOTO

Foto 5.1	Morfologi daerah telitian berupa pegunungan bergelombang kuat dilihat dari lembah Batang Gadis menuju arah barat .....45
Foto 5.2	Morfologi daerah telitian berupa punggung pegunungan Bukit Barisan daerah Sihayo, dilihat dari helikopter ke arah timur menuju lembah Batang Gadis.....45
Foto 5.3	Kenampakan jenis-jenis batuan gunungapi di Sihayo dari <i>drilling core</i> .....50
Foto 5.4	Singkapan batupasir vulkanik kloritik Permian Atas di lokasi pengamatan nomor 22 lintasan NNR25 .....51
Foto 5.5	Sayatan tipis pada: a) batupasir vulkanik; b) batupasir konglomeratan.....52
Foto 5.6	Sayatan tipis pada lapisan tuf.....53
Foto 5.7	Kenampakan <i>hyaloclastic textures</i> pada tuf di lubang RDD004 kedalaman 46,60 m (menurut Imants Kavalieris, 1999) .....53
Foto 5.8	Sayatan tipis pada lava basalt porpiritik.....54
Foto 5.9	Sayatan tipis pada lava basalt porpiritik dan lapisan tuf .....54
Foto 5.10	Sayatan tipis batupasir vulkanik karbonatan berfosil.....55
Foto 5.11	Kenampakan sayatan tipis pada batupasir vulkanik karbonatan berfosil di lubang RDD009 kedalaman 103,2 m .....56
Foto 5.12	Singkapan batugamping kristalin yang berumur Permian Atas di lokasi pengamatan nomor 04 lintasan NNR13 .....57
Foto 5.13	Kenampakan batugamping kristalin di lubang RDD055 kedalaman 116,7 m .....58
Foto 5.14	Singkapan meta-batugamping di lokasi pengamatan nomor 25 lintasan NNR15.....59
Foto 5.15	Kenampakan meta-batugamping di lubang RDD274 kedalaman 9,2 m.....59
Foto 5.16	Singkapan batugamping bioklastik di lokasi pengamatan nomor 06 lintasan NNR30.....60
Foto 5.17	Kenampakan batugamping bioklastik di lubang RDD082 kedalaman 8,1 m .....61
Foto 5.18	Singkapan batugamping lanauan-karbonan dengan struktur berlapis di lokasi pengamatan nomor 08 lintasan NNR01 .....61
Foto 5.19	Kenampakan batugamping lanauan-karbonan di lubang RDD368 kedalaman 78,5 m .....62
Foto 5.20	Kenampakan sayatan tipis pada batugamping berfosil di lubang RDD002 kedalaman 55,3 m yang menunjukkan fosil foraminifera ...63



Foto 5.21	Singkapan batupasir kuarsa Tersier dengan struktur masif di lokasi pengamatan nomor 01 lintasan NNR16 .....	64
Foto 5.22	Kenampakan batupasir kuarsa di lubang RDD028 kedalaman 36,7 m.....	65
Foto 5.23	Singkapan batulanau Tersier di lokasi pengamatan nomor 30 lintasan NNR22.....	66
Foto 5.24	Kenampakan batulanau laminasi dengan sedikit lapisan karbonan di lubang RDD032 kedalaman 59,3 m.....	66
Foto 5.25	Kenampakan <i>core</i> jenis-jenis batuan sedimen silisiklastik Tersier lainnya di Sihayo.....	67
Foto 5.26	Kekar gerus dan kekar tarik pada batugamping terekristalisasi berumur Permian Atas di lokasi pengamatan nomor 57 lintasan NNR39.....	69
Foto 5.27	Bidang sesar pada batugamping terekristalisasi di lokasi pengamatan nomor 18 lintasan NNR15 .....	71
Foto 5.28	Kenampakan zona sesar pada batugamping .....	72
Foto 6.1	Kenampakan <i>core</i> yang telah mengalami dekalsifikasi dan dolomitisasi.....	83
Foto 6.2	Kenampakan batugamping lanauan-karbonan di lubang bor RDD031 kedalaman 128,7 m.....	84
Foto 6.3	Kenampakan breksi runtuhan ( <i>collapse breccias</i> ) akibat dekalsifikasi dan dolomitisasi pada batugamping.....	85
Foto 6.4	Kenampakan <i>core</i> yang telah mengalami alterasi silisifikasi menjadi jasperoid .....	86
Foto 6.5	Sayatan tipis pada jasperoid.....	87
Foto 6.6	Kenampakan jasperoid di lubang RDD020 kedalaman 21,2 m.....	88
Foto 6.7	Kenampakan jasperoid di lubang RDD002 kedalaman 41,35 m.....	88
Foto 6.8	Kenampakan sayatan tipis pada jasperoid .....	89
Foto 6.9	Kenampakan <i>core</i> yang telah mengalami argilisasi.....	90
Foto 6.10	Sayatan tipis pada batuan yang mengalami alterasi argilisasi.....	91
Foto 6.11	Kenampakan <i>core</i> yang telah mengalami alterasi propilitik lemah sampai sedang .....	92
Foto 6.12	Sayatan tipis pada batuan yang mengalami alterasi propilitik pada tuf berupa kumpulan mineral klorit±karbonat±smektit±albit secara pervasif .....	93
Foto 6.13	Kenampakan zonasi alterasi yang umum pada kontak antara batuan sedimen silisiklastik dengan batugamping pada zona ketidakselarasan di lubang RDD089 .....	94
Foto 6.14	Kenampakan zonasi alterasi yang umum pada batuan karbonat di kontak antara batugamping lanauan-karbonan dengan batugamping kristalin di lubang RDD162.....	95

Foto 6.15	Kenampakan zonasi alterasi yang umum pada batupasir vulkanik yang kontak dengan batugamping lanauan di lubang RDD133 .....96
Foto 6.16	Beberapa jenis mineralisasi yang terbentuk di daerah Sihayo.....99
Foto 6.17	Fotomikrograf mineral bijih mineral bijih sulfida di dalam jasperoid di lubang RDD001 kedalaman 48,5 m .....102
Foto 6.18	Fotomikrograf mineral bijih mineral bijih sulfida di dalam jasperoid di lubang RDD020 kedalaman 21,2 m .....103
Foto 6.19	Fotomikrograf mineral bijih mineral bijih sulfida di dalam jasperoid di lubang RDD002 kedalaman 41,35 m .....104
Foto 6.20	Inklusi pada silika ubahan batulanau terbreksiasi (jasperoid) lubang RDD001 kedalaman 27,35m.....110
Foto 6.21	Kenampakan yang memperlihatkan: a) keadaan singkapan urat kalsit bertekstur <i>bladed</i> di lokasi pengamatan nomor 20 lintasan NNR12.....117
Foto 6.22	Kenampakan <i>bladed calcite</i> pada sayatan tipis .....117
Foto 6.23	Kenampakan beberapa hubungan paragenesa mineral.....120
Foto 6.24	Kenampakan singkapan jasperoid dalam jarak dekat hasil silisifikasi.....122
Foto 6.25	Kenampakan posisi <i>drilling core</i> setelah direkonstruksi .....123
Foto 6.26	Kenampakan breksi runtuh akibat hilangnya volume batuan akibat proses karstifikasi purba ( <i>paleo-karst breccia</i> ) .....124
Foto 6.27	Kenampakan singkapan jasperoid hasil silisifikasi pada endapan gua purba yang termineralisasi .....125

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Analisis Struktur
- Lampiran 2. Analisis *Atomic Absorbtion Spectrometry* (AAS)
- Lampiran 3. Analisis Inklusi Fluida