

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persembahan	iii
Kata Pengantar	iv
Sari	vi
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xxii
Daftar Lampiran	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Lokasi Penelitian.....	4
1.5 Hasil Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II METODOLOGI	8
2.1 Metodologi Penelitian	8
2.1.1 Tahap Akuisisi	8
2.1.1.1 Akuisisi Datar Sekunder	8
2.1.1.2 Akuisisi Datar Primer	10
2.1.2 Tahap Analisis	11
2.1.2 Tahap Sintetis.....	14
2.2 Diagram Alir	15

2.3 Data dan Peralatan yang dibutuhkan	16
2.3.1 Data Primer	16
2.3.2 Data Sekunder	16
2.3.3 Peralatan yang dibutuhkan	18
BAB III DASAR TEORI.....	19
3.1 Endapan Nikel Laterite	19
3.2 Batuan <i>Ultramafic</i>	20
3.3 Faktor Pembentukan Bijih Nikel Laterite	24
3.3.1 Kondisi Ph	24
3.3.2 Laju dan Proses <i>Leaching</i>	24
3.3.3 Kestabilan Mineral	25
3.3.4 Ukuran Butir dan Rekahan pada Batuan	25
3.3.5 Iklim	25
3.3.6 Struktur Geologi	26
3.3.7 Waktu	26
3.3.8 Potensial Reduksi dan Oksidasi	27
3.3.9 Topografi	27
3.3.10 Peran MAT	28
3.4 Pelapukan	29
3.5 Genesa Endapan Nikel Laterite	31
3.6 Zonasi Profil Laterite	32
3.7 Serpentinisasi dan Kelompok Mineral Serpentine	35
3.8 Analisa Fraksinasi	38
BAB IV GEOLOGI REGIONAL	41
4.1 Fisiografi Regional	41

4.2 Stratigrafi Regional	42
4.3 Tektonik dan Struktur Regional	44
BAB V GEOLOGI DAERAH PENELITIAN	49
5.1 Pola Pengaliran Daerah Penelitian	49
5.1.1 Pola Pengaliran Subdendritik	50
5.1.1 Pola Pengaliran Subparalel	50
5.2 Geomorfologi Daerah Penelitian	50
5.2.1 Satuan Bentuklahan Lereng Struktural	52
5.2.2 Satuan Bentuklahan Perbukitan Bergelombang Lemah	53
5.2.3 Satuan Bentuklahan Lereng Denudasional	54
5.2.4 Satuan Bentuklahan Bukan Tambang / <i>PIT</i>	55
5.3 Stratigrafi Daerah Penelitian	55
5.3.1 Satuan Peridotite Gebe	56
5.3.1.1 Dasar Penamaan	56
5.3.1.2 Distribusi	56
5.3.1.3 Deskripsi Litologi.....	56
5.3.1.4 Umur Satuan Batuan	61
5.3.2 Satuan Serpentin Gebe	61
5.3.2.1 Dasar Penamaan	61
5.3.2.2 Distribusi	61
5.3.2.3 Deskripsi Litologi.....	62
5.3.2.4 Umur Satuan Batuan	64
5.4 Hubungan Stratigrafi Daerah Penelitian	64
5.5 Struktur Geologi Daerah Penelitian	65
5.5.1 Struktur Geologi Sesar Gebe	66

5.5.1.1 Sesar Mendatar Kanan Naik / <i>Reverse Right Slip Fault</i> LP 10	67
5.5.1.2 Sesar Mendatar Kanan Naik / <i>Reverse Right Slip Fault</i> LP 7	67
5.5.1.3 Sesar Mendatar Kanan / <i>Right Slip Fault</i> LP 7	68
5.5.2 Struktur Geologi Kekar Gebe	68
5.5.2.1 Kekar Gerus (<i>Shear Joint</i>) LP 26	69
5.5.2.2 Kekar Gerus (<i>Shear Joint</i>) LP 14	69
5.5.2.3 Kekar Terisi Miineral (<i>Extension Release Joint</i>) LP 40	70
5.5.2.4 Kekar Terisi Miineral (<i>Extension Release Joint</i>) LP 23	71
5.6 Sejarah Geologi Daerah Penelitian	72
5.7 Potensi Geologi	76
5.7.1 Potensi Positif Daerah Penelitian	76
5.7.1 Potensi Negatif Daerah Penelitian	76
5.8 Endapan Laterite Daerah Penelitian	77
BAB VI KARAKTERISTIK DAN ANALISIS FRAKSINASI LAPANGAN	
‘KAPALEO’	82
6.1 Analisis Fraksinasi Pada Profil Laterite	82
6.1.1 Analisis Fraksinasi	82
6.1.2 Tujuan Fraksinasi.....	82
6.1.3 Pengambilan Data Metode Fraksinasi	82
6.1.4 Tahapan Preparasi Contoh	84
6.1.5 Analisa Laboratorium Sampel Fraksinasi.....	85
6.1.5.1 <i>Pre-</i> Analisis sampel	85
6.1.5.2 Pembacaan Kadar sampel	86
6.2 Analisis Fraksinasi Pada Lapangan Kapaleo.....	87
6.3 Karakteristik Endapan Nikel Laterite pada Lapangan Kapaleo	99

BAB VII KESIMPULAN105

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Indeks Daerah Penelitian	4
Gambar 1.2 Lokasi Penelitian	5
Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3.1 Klasifikasi Batuan Ultramafic berdasarkan komposisi mineral olivine, orthopiroksen, klinopiroksen, piroksen, hornblende (Strekeisen,1973)	21
Gambar 3.2 Hubungan Laterite dan Topografi (Ahmad, 2008)	28
Gambar 3.3 Evolusi Pembentukan cebakan nikel laterite	30
Gambar 3.4 Skema Pembentukan Laterite (Ahmad, 2008)	31
Gambar 3.5 Profil Endapan Nikel Laterite (Ahmad,2008)	34
Gambar 3.6 Variasi Profil Laterite yang disederhanakan di atas bukit (Ahmad, 2008).	34
Gambar 3.7 Struktur Kristalografi Serpentin (A) lizardit (B) Chrysotile (C) Antigorite (Mével, 2003).....	37
Gambar 3.8 Mekanisme Proses Serpentinisasi (Li dan Aeolus Lee, 2006)	38
Gambar 4.1 Fisiografi Maluku Utara (Van Bemmelen, 1949).....	42
Gambar 4.2 Stratigrafi Waigeo (Chalton et al., 1991)	42
Gambar 4.3 Fitur Tektonik Laut Maluku dan Wilayah Sekitarnya (Hall et al,2000).....	45
Gambar 4.4 Asia-Pasific-Australia margin (Hall et al, 2000).....	46
Gambar 4.5 Rekonstruksi dan Evolusi Lempeng tektonik SE Asia dan SW Pasifik 25 Ma-55Ma Pada Paleogene (Hall et al, 2000).....	47
Gambar 4.6 Model Paleogeografi pada <i>Cretaceous NW- Pasific</i> . (Ueda et al, 2000,2001)	48

Gambar 5.1 Satuan Bentuklahan Lereng Struktural (S1) yang berasosiasi dengan perbukitan bergelombang lemah (D1) dan Bukaian Tambang/ PIT (A1). Azimuth foto N 181° E.....	53
Gambar 5.2 Satuan Bentuklahan lereng denudasional (D2) berasosiasi dengan Bentuklahan Bukaian Tambang/ PIT (A1). Azimuth foto N 084° E	54
Gambar 5.3 Satuan Bentuklahan Bukaian Tambang (A1) pada daerah penelitian. Azimuth foto N 134°E.....	55
Gambar 5.4 A) Singkapan Peridotit LP 11 B) Foto Litologi batuan Peridotit (Fresh) LP 11 dengan kehadiran mineral serpentin pada rekahan. Azimuth Foto N 132°E.	59
Gambar 5.5 Petrografi batuan peridotit (Harzburgite terserpentinisasi) pada LP 11 memperlihatkan tekstur khas berupa mesh structure pada mineral olivin (D5) di mana tekstur tersebut dibentuk oleh mineral serpentin berupa lizardit. Mineral piroksen yang hadir didominasi oleh ortopiroksen. Kehadiran mineral lizardit menunjukkan serpentinisasi terjadi pada suhu rendah. Sedangkan antigorit pada veinlet (M9) menunjukkan serpentinisasi terjadi pada suhu tinggi.....	58
Gambar 5.6 A). Singkapan batuan Lherzolit LP 097 yang dimana pada bagian luar batuan sudah mengalami pelapukan dan di beberapa tempat dijumpai mineral serpentin yang mengisi rekahan B) Foto Litologi (Fresh) batuan Peridotit LP 96 . Azimuth Foto N 046°E..	59
Gambar 5.7 Kenampakan Petrografis Lherzolite terserpentinisasi LP 97 yang disusun oleh olivin (D5) ortopiroksen (F3). Lizardit (B2) dan Chrysotil (F9). Olivin menunjukan mesh texture di mana tekstur tersebut dipotong oleh mineral serpentin berupa lizardit. Kehadiran mineral lizardit menunjukkan serpentinisasi terjadi pada suhu rendah.... ..	59
Gambar 5.8 A). Singkapan batuan piroksenit LP 013 yang menunjukkan pada rekahan terisi oleh mineral silika dan mineral serpentin B) Foto Litologi batuan Peridotit LP 013 Azimuth Foto N 246°E.....	60

Gambar 5.9 Sampel petrografi orthopiroksenit terserpentinisasi rendah LP 13. Didominasi mineral Orthopiroksen (D6) yang telah terserpentinisasi, mineral lizardit (D8) yang mengisi rekahan.....60

Gambar 5.10 *Hand specimen* litologi peridotit dengan warna segar hitam pada lokasi penelitian 092 dan lokasi penelitian 096..... 61

Gambar 5.11 Persebaran singkapan litologi serpentinite (Gambar A,C,E) pada daerah penelitian, yang secara keseluruhan sudah tidak menyisakan relict dari batuan asalnya. (Gambar B,D,F) merupakan foto Litologi batuan Serpentin Azimuth Foto N 055°E..... 62

Gambar 5.12 *Hand specimen* litologi serpentinit dengan warna segar hijau kekuningan.pada lokasi penelitian 015 dan lokasi penelitian 069.....62

Gambar 5.13 Satuan Serpentin mikroskopis LP 69. Pada sayatan ini terlihat masih adanya kehadiran mineral piroksen (K2) berupa Orthopiroksen dan juga adanya kehadiran mineral antigorite (K10) beserta mineral asosiasinya yaitu mineral opak (F3). dan mineral lizardit (C3). Pada sayatan juga dijumpai kehadiran mineral sekunder berupa talc (G7)63

Gambar 5.14 Batuan Serpentin mikroskopis LP 15. Pada sayatan ini dapat terlihat jelas bahwa mineral yang membentuk tekstur menjarum merupakan mineral antigorite (F3) dan mineral serpentin yang membentuk suatu jalur merupakan mineral lizardit (C7). ..64

Gambar 5.15 Stratigrafi Daerah Telitian, Umur Geologi menurut (Supriatna dkk,1995)65

Gambar 5.16 (A) Kenampakan singkapan dengan sesar mendatar kiri naik lokasi pengamatan 10. (Azimuth N 324° E). (B) Kenampakan sesar di lapangan. (Azimuth Struktur N 017° E). (C) Analisis kinematik sesar lokasi pengamatan 10.....66

Gambar 5.17 (A) Kenampakan gores garis (Azimuth Struktur N 335° E). (B) Kenampakan singkapan dengan Reverse Right Slip Fault di lokasi pengamatan 7. (Azimuth N 188° E) (C) Analisis kinematik sesar di lokasi pengamatan 7.....67

Gambar 5.18 (A) Kenampakan gores garis (Azimuth Struktur N.335 ° E). (B) Kenampakan singkapan dengan Reverse Right Slip Fault di lokasi pengamatan 7. (Azimuth N 188° E) (C) Analisis kinematik sesar di lokasi pengamatan 7..	68
Gambar 5.19 (A) Kenampakan singkapan (Azimuth N.252 ° E). (B) Kenampakan kekar gerus di lokasi pengamatan 26. (Azimuth struktur N 305° E) (C) Analisis kinematik sesar di lokasi pengamatan 26.	69
Gambar 5.20 (A) Kenampakan singkapan (Azimuth N 042 ° E). (B) Kenampakan kekar gerus di lokasi pengamatan 14 (Azimuth struktur N 290° E) (C) Analisis kinematik sesar di lokasi pengamatan 14.	70
Gambar 5.21 (A) Kenampakan singkapan (Azimuth N 306 ° E). (B) Kenampakan kekar tarik yang terisi oleh mineral silika di lokasi pengamatan 40 dengan dimensi bukaan/aperture sebesar 0,5cm x 1,2 cm (Azimuth struktur N 050° E) (C) Analisis kinematik sesar di lokasi pengamatan 40	71
Gambar 5.22 (A) Kenampakan singkapan (Azimuth N 246 ° E). (B) Kenampakan kekar tarik yang terisi oleh mineral silika dengan bukaan 1 cm di lokasi pengamatan 23 dijumpai mineral dalam keadaan baik. Memiliki dimensi 1,2 m x 1m (Azimuth struktur N 339° E) (C) Analisis kinematik sesar di lokasi pengamatan 23	72
Gambar 5.23 Ilustrasi kolisi antara Lempeng Samudera Philippine Selatan dan Lempeng Benua Australia (Kiri) dan ilustrasi interaksi transform antara Lempeng Samudera Philippine dan Lempeng Benua Australia... ..	73
Gambar 5.24 A). Model skematis sistem busur intra-oceanic termasuk cekungan busur belakang (dimodifikasi dari Stern, 2010). B) Fitur topografi dan tektonik dari sistem busur Izu-Bonin dan Mariana (dimodifikasi dari Straub et al., 2015)... ..	74
Gambar 5.25 Model busur <i>intra-oceanic</i> menunjukkan zona subduksi <i>intra-oceanic</i> yang berkembang di bagian luar Asia Tenggara, yang menghasilkan beberapa zona subduksi (misalnya Ueda dan Miyashita, 2005)... ..	75
Gambar 5.26 Model Geologi Daerah Penelitian	75
Gambar 5.27 Potensi negatif berupa gerakan masa tanah pada LP 131... ..	77

Gambar 5.28 Profil Laterite Lokasi Penelitian 13 pada daerah penelitian yang terbagi menjadi tiga zona dimana menunjukkan adanya perbedaan komposisi mineral yaitu, limonit, saprolite dan bagian bawah profil berupa bedrock	77
Gambar 5.29 Persebaran Litologi Yellow Limonie A) Menunjukkan adanya kehadiran mineral hematit dicirikan dengan cerat yang berwarna merah B) Menunjukkan kelimpahan mangan dicirikan dengan cerat berwarna hitam dan C) Kehadiran silica yang sudah mengalami pelapukan.....	78
Gambar 5.30 Persebaran Litologi Red Limonite yang menunjukkan kehadiran mineral hematit, goetit dan mangan.....	79
Gambar 5.31 Litologi Rocky Saprolite, A) Litologi Lp 128 menunjukkan adanya kehadiran mineral pembawa Ni yaitu garnierite dijumpai dalam keadaan terlapukkan (B) Lp 34 menunjukkan keterdapatn mineral pembawa Ni lainnya berupa krisopras. C) Lain halnya dengan lp 117 menunjukkan kehadiran mineral serpentin, mineral serpentin membuat kadar Ni pada Lp 117 turun dibuktikan dengan Analisa XRF (Lampiran 11).	79
Gambar 5.32 Foto Litologi LP 13 Bedrock yang berupa batuan peridotite menunjukkan adanya rekahan yang terisi oleh silika dan mineral serpentine, singkapan dijumpai dalam pelapukan sedang.....	80
Gambar 6.1 <i>Flow Chart</i> Analisis Fraksinasi	83
Gambar 6.2 <i>Point Sampling</i> dengan membuat alur kebawah. Pengambilan conto dilakukan pada face badan bijih nikel yang akan digali atau dibongkar kemudian penentuan titik secara selective yang dianggap sudah mewakili dari keseluruhan	84
Gambar 6.3 Serangkaian proses tahapan preparasi metode Fraksinasi	85
Gambar 6.4 Mesin X-Ray tipe Panalitycal Epsilon 4	86
Gambar 6.5 Lokasi pengambilan titik fraksinasi Lapangan Kapaleo	87
Gambar 6.6 A). Singkapan lokasi fraksi titik pertama (zona saprolite dengan bedrock serpentin LP 076 Azimuth foto : N 278 o E B), Litologi pada LP 078 banyak dijumpai	

kehadiran mineral serpentine. C). Sampel yang sudah dipisahkan berdasarkan ukuran fraksinya, didominasi oleh sampel dengan fraksi <1cm. memiliki kadar Ni paling tinggi, yaitu 0,86%.....89

Gambar 6.7 Profil FR-NB-RS-076 pada Zona Saproilit.....90

Gambar 6.8 Grafik hubungan ukuran butir terhadap kadar NI, Fe, Mg dan Si. Kadar Ni berbanding lurus dengan Nilai Fe dan Mg. sedangkan Si mengalami penurunan seiring penurunan ukuran butirnya.....91

Gambar 6.9 Profil FR-NB-RS-034 pada zona saprolit.92

Gambar 6.10 A) Singkapan Dinding FR-NB-RS-034 B). Kenampakan dinding meter yang menunjukkan kehadiran adanya silika boxwork C). Kenampakan dinding yang memperlihatkan pada meter kedua hingga keempat memperlihatkan adanya kehadiran krisopras. D). Sampel pada meter kedua yang belum dipisahkan berdasarkan screen ukuran butirnya, yang menunjukkan mulai terdapat krisopras sehingga kadar Ni mengalami peningkatan mencapai 1,907%. Azimuth singkapan N 262 o E.....93

Gambar 6.11 Grafik hubungan ukuran butir dengan kadar unsur Ni, Fe, Si, dan Mg pada dinding FR-NB-RS-034 meter pertama yang memperlihatkan kadar Ni tertinggi hanya sebesar 0,948%, sedangkan Fe, dan Mg meningkat seiring penurunan ukuran butir dan kadar Si mengalami penurunan seiring penurunan ukuran butirnya94

Gambar 6.12 Hubungan ukuran butir dengan kadar unsur Ni, Fe, Si, dan Mg pada dinding FR-NB-RS-034 meter ketiga yang memperlihatkan kenaikan kadar Ni karena mulai terdapat kehadiran krisopras sehingga persentase mencapai 1,907% yang termasuk ekonomis, Sedangkan Mg, dan Fe relatif meningkat seiring penurunan ukuran butir sedangkan kadar Si menurun seiring penurunan ukuran butir.94

Gambar 6.13 A) Singkapan Dinding FR-NB-RS-045 B). Kenampakan dinding meter pertama yang didominasi oleh mineral serpentin dan juga silika C). Kenampakan dinding pada zona saprolit meter ketiga di lapangan yang memperlihatkan konsentrasi garnierite yang tinggi. D). Sampel pada meter ketiga yang sudah dipisahkan berdasarkan screen

ukuran butirnya dimana menunjukkan kadar Ni yang tinggi.terdapat pada ukuran butir halus dengan fraksi <1cm mencapai 4,26. Azimuth singkapan N 110 o E.	95
Gambar 6.14 Profil FR-NB-RS-045 Pada zona saprolite	96
Gambar 6.15 Hubungan ukuran butir dengan kadar unsur Ni, Fe, Si, dan Mg pada dinding FR-NB-RS-045 meter pertama yang memperlihatkan kadar Ni, Mg, dan Fe relatif meningkat seiring penurunan ukuran butir sedangkan kadar Si menurun seiring penurunan ukuran butir.	98
Gambar 6.16 Hubungan ukuran butir dengan kadar unsur Ni, Fe, Si, dan Mg pada dinding FR-NB-RS-045 meter kedua yang memperlihatkan kadar Ni, Mg, dan Fe relatif meningkat seiring penurunan ukuran butir sedangkan kadar Si menurun seiring penurunan ukuran butir..	98
Gambar 6.17 Lokasi pengamatan LP 92 Rocky Saprolite dengan adanya kehadiran garnierite (berwarna hijau toska memiliki tekstur seperti lilin) yang mengisi rekahan-rekahan... ..	99
Gambar 6.18 Pembentukan profil laterit pada batuan ultramafik terserpentinisasi (A) oksida, (B) sebagian oksida, (C) hydrous Mg-silicate, dan (D) lempung silikat (Butt & Cluzel, 2013)... ..	99
Gambar 6.19 Persebaran kenampakan silika boxwork pada litologi batuan peridotit di daerah penelitian dijumpai pada Lokasi pengamatan 21, (A) , Lokasi pengamatan 106 (B) dan Lokasi pengamatan 84 (C).	100
Gambar 6.20 Singkapan rocky saprolit yang mencerminkan batuan asalnya yaitu berupa serpentinite dijumpai melimpahnya mineral serpentin berupa lizardit, antigorite dan krisotil pada lokasi pengamatan 43, 15, dan 76.....	101
Gambar 6.21 Persebaran zona saprolit yang masih mencerminkan batuan asalnya berupa peridotit dan kenampakan mineral primer yang masih jelas seperti olivine dan piroksen, dijumpai dalam kondisi mengalami pelapukan dengan tingkat sedang berwarna kuning-kecokelatan pada lokasi pengamatan 105,81,dan 61.....	102

Gambar 6.22 Zona *Bedrock* yang menunjukkan adanya rekahan yang terisi oleh mineral silika, serpentine, dan juga krisopras, pada daerah penelitian bukaan pada rekahan bervariasi mulai dari 0,3 cm- 1,2 cm.103

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka yang digunakan	17
Tabel 3.1 Kandungan unsur Ni dalam olivin, piroksen, kromit (Ahmad,2008)	24
Tabel 3.2 Peran Iklim dalam formasi laterite (Afer Young, 1976) dan Butt Zeegers, 1992 dalam Waheed, 2008)	26
Tabel 3.3 Keseimbangan antara pembentukan laterite dan erosi laterite (Ahmad, 2008)	28
Tabel 3.4 Karakteristik Morfologi dari ketiga mineral serpentin (Troly dkk,1979)	36
Tabel 3.5 Klasifikasi Tingkat Serpentinisasi (Babineau,2002)	39
Tabel 5.1 Pemerian pola pengaliran pada daerah penelitian berdasarkan Howard (1967)	50
Tabel 5.2 Pemerian Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian berdasarkan Van Zuidam, 1985 yang dimodifikasi	52
Tabel 5.3 <i>Data Shear Fracture, Gash Fracture</i> dan Breksiasi LP 10	66
Tabel 6.1 Bobot Ayakan dan Persentase (%) Berat dari Sampel Fraksinasi	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 (Analisa Petrografis)

Lampiran 2 (Peta Lintasan Geologi)

Lampiran 3 (Peta Lintasan Laterisasi)

Lampiran 4 (Peta Geomorfologi)

Lampiran 5 (Peta Geologi)

Lampiran 6 (Peta Pola Pengaliran)

Lampiran 7 (Peta Laterisasi)

Lampiran 8 (Profil Fraksinasi)

Lampiran 9 (Profil Laterit)

Lampiran 10 (Data Excel Analisis Fraksinasi)

Lampiran 11 (Data *XRF*)