

KATA PENGANTAR

Allhamdulillah, puji syukur hanya kepada Allah yang telah meridhoi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan penelitian dalam bentuk Tesis ini. Shallawat dan salam semoga slalu tercurah kepa Rosullullh Muhammad SAW dan keluarga, sahabat serta kaumnya sampai akhir zaman.

Laporan Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Pasca Sarjana Program Studi Magister Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional. Penelitian ini berlangsung selama bulan Desember 2011 yang dilakukan di Pulau Pakal, dan dilanjutkan dengan proses analisa serta evaluasi selama kurang lebih satu tahun yang dilaksanakan di Jakarta.

Penulis mengucapkan terimakasih dab penghargaan yang setulus-tulusnya kepada Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto dan Prof. Ir. Sutanto DEA, sebagai dosen pembimbing dalam penelitian dan penulisan tesis ini, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT Ketua program Studi
2. Keluarga ku tercinta, suami dan partner setia ku Ade Rahman Afandi, dua gadis kecil ku Nusa Arumanagari - Bening Kinanti, Ibu Hj Uti Juminah, supporting team Ncik, atas semua dukungan dan doanya.
3. Ir Made Surata MSi, sebagai Unit Head PT. Aneka Tambang (persero) Tbk – Unit Geomin, yang telah memberikan ijin dan arahan dalam penelitian ini.
4. Ir. Bajanuddin Tambun, MM, sebagai Unit Head PT. Aneka Tambang (persero) Tbk – Unit Geomin, yang telah memberikan ijin dan arahan dalam penelitian ini.
5. Teman-teman satu angkatan (Pak Eko, Pak Dayat, Om Wendy, Andikur, Erric, Okky V, dan bapak Dialah), yang slalu mengingatkan untuk tetap fokus.

6. Teman-teman di Laboratory Bureau – Unit Geomin, terimakasih memberikan ruang dan waktu dalam proses penyusunan tesis ini.
7. Pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas ini, dan tidak dapat di sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian tesis ini masih jauh dari sempurna. Pada akhirnya, penulis berharap laporan tesis ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan bagi siapapun yang membacanya. Amin

Jakarta, Januari 2014

Penulis

Sari Agustini

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
<i>STATEMENT</i>	
PERNYATAAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR FOTO	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	3
I.3. Batasan Masalah	3
I.4. Hipotesa	3
I.5. Maksud dan Tujuan Penelitian	3
I.6. Lokasi dan kesampaian Daerah	4
I.7. Jadwal Penelitian	5
I.8. Metode Penelitian	5
BAB II. LANDASAN TEORI	8
II.1. Batuan ultramafik	11
II.2. Serpentinisasi	13
II.3. Pelapukan	14
II.4. Profil nikel laterite	19
II.5. Deposit nikel laterit	23
II.6. Analisa batuan	24
II.7. Analisis statistik	25
BAB III. GEOLOGI DAERAH HALMAHERA.....	26

III.1.	Geologi Regional	26
III.1.1.	Tektonik	26
III.1.2.	Geomorfogi	27
III.1.3.	Stratigrafi	29
III.2.	Geologi Pulau Pakal	33
III.2.1.	Geografi Pulau Pakal	33
III.2.2.	Topografi	33
III.2.3.	Iklm dan Curah Hujan	33
III.2.4.	Vegetasi	33
III.2.5.	Stratigrafi Pulau Pakal	34
BAB IV.	GEOLOGI DAERAH PAKAL	36
IV.1.	Morfologi daerah penelitian	36
IV.2.	Litologi daerah penelitian	40
IV.1.2.1.	Singkapan	41
IV.1.2.2.	Core/inti pemboran	52
BAB V.	GEOKIMIA	66
V.1.	Komposisi kimia mineral dari hasil analisa kimia	66
V.2.	Klasifikasi batuan ultramafik	69
V.3.	Penamaan batuan analisa petrografi	71
V.4.	Genesa batuan ultramafik	72
V.5.	Serpentinisasi batuan ultramafik	75
V.6.	Statistik data kimia perzona	77
V.7.	Mobilitas dan konsentrasi unsur	87
V.8.	Jejak unsur mobile dan immobile pada laterit	96
V.9.	Supergene Ni pada laterit	97
BAB VI.	MINERALISASI LATERITE	104
VI.1.	Mineral penyusun laterit	104
VI.2.	Mineralisasi laterit	123
VI.3.	Mineralisasi serpentine	129
BAB VII.	KESIMPULAN	133
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

- Gambar I.1. Sebaran potensi laterit nikel di dunia (sumber presentasi Butt - CRMB Ni laterite processing LEME August 2007)
- Gambar I.2. Produksi dan konsumsi nikel dunia (sumber [www.wealthdaily.com / articles / nickel-prices-to-drop / 3124](http://www.wealthdaily.com/articles/nickel-prices-to-drop/3124), diakses 15 Oktober 2011)
- Gambar I.3. Peta lokasi daerah penelitian
- Gambar I.4. Diagram alir kegiatan penelitian
- Gambar II.1. Sabuk orogenik berupa sabuk serpentine di dunia (Ahmad, 2006)
- Gambar II.2. Skematik dari akresi kerak samudra (Ahmad, 2006)
- Gambar II.3. Deret Reaksi Bowen (Ahmad, 2006)
- Gambar II.4. Klasifikasi batuan ultramafik dengan komposisi olivin, orthopiroksen dan clinopiroksen (IUGS, 1973 di Berkman, 1995)
- Gambar II.5. Skema ubahan batuan ultramafik (Vale Inco, 2008)
- Gambar II.6. Skema ubahan batuan ultramafik (Ahmad, 2002)
- Gambar II.7. Profil laterit yang disederhanakan pada kondisi basah (tropis) dan kering (*desert*), (Kadarusman, 2002)
- Gambar III.1. Peta Tektonik Regional Halmahera dari USGS (Bromey, 2006)
- Gambar III.2. Sketsa penampang arah subduksi plate Sangihe dan plate Halmahera (Bromey, 2006)
- Gambar III.3. Fisiografi Pulau Halmahera (T.Apandi, dan D. Sudana, 1980 di Geomin, 2011)
- Gambar III.4. Kolom stratigrafi Halmahera bagian Timur (Hall et al., 1988 pada Geomin, 2011)
- Gambar III.5. Peta Geologi Regional Daerah Sangaji-Moronopo-Tanjung Buli dan Pulau Pakal (lembar peta Geologi Regional Ternate, Maluku Utara, T.Apandi dan D.Sudana, 1980)
- Gambar IV.1. Lokasi pengamatan dan jalur pengamatan

- Gambar IV.2. Peta topografi, permukaan 3D Pulau Pakal dan lokasi penelitian
- Gambar IV.3. Peta lokasi percontaan
- Gambar IV.4. Analisa XRD conto PKR 3, krisopras dengan metoda Eva
- Gambar IV.5. Profil unsur pada kedalaman bor CIII-h2/11-16 harzburgite
- Gambar IV.6. Profil unsur pada kedalaman bor CIII-h2/30-2 harzburgite
- Gambar IV.7. Profil unsur pada kedalaman bor CIII-h2/24-23 piroksenit
- Gambar IV.8. Profil kadar conto core bor CIII-h2/28-11 websterite
- Gambar IV.9. Hasil pengukuran mineral XRD secara kuantitatif dengan software Topas pada zona saprolite CIII-i3/22-8 RC, conto no 11S, 27S, 36S2, 42B dan 50
- Gambar IV.10. Grafik komposisi mineral analisa XRD bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar IV.11. Profil kadar conto core bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar IV.12. Peta lokasi bor-bor di MBT Pulau Pakal
- Gambar V.1. Komposisi kimia olivin dari komposisi SiO₂, MgO dan FeO
- Gambar V.2. Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan komposisi mineral dunit, piroksen dan hornblende.
- Gambar V.3. Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan komposisi mineral dunit, clino piroksen (clino px) dan ortho piroksen (ortho px)
- Gambar V.4. Peta lokasi conto dan sebaran jenis batuan berdasar hasil analisa XRD dan petrografi, di Pulau Pakal
- Gambar V.5. Kerak bumi (Ahmad, 2006)
- Gambar V.6. Struktur kerak samudra (Ahmad, 2006)
- Gambar V.7. Lokasi daerah penelitian berada di jalur ofiolit Circum Pasifik (Kadariusman, A., ?)
- Gambar V.8. Lokasi daerah penelitian pada peta sebaran ofiolit daerah Asia Tenggara (Kadariusman, A., ?)
- Gambar V.9. Kesebandingan litologi daerah penelitian dengan seri ofiolit, (After Boudier and Nicolas (1985) Earth Planet. Sci. Lett., 76, 84-92 - Presentasi G314-06-W10-L1-Ophiolites, di unduh Maret 2012).

- Gambar V.10 Diagram ternier SiO_2 , MgO dan NiO jenis garnierit
- Gambar V.11. Peta lokasi conto dan sebaran jenis batuan berdasar hasil analisa XRD, di Pulau Pakal
- Gambar V.12. Profil unsur pada kedalaman, bor MBT CIII/h1-6A/21A
- Gambar V.13. Histogram kadar Ni, MnO , Cr_2O_3 , Fe, SiO_2 , MgO , Al_2O_3 pada zona limonite bor CIII-i3/22-8RC
- Gambar V.14. Histogram kadar Ni, MnO , Cr_2O_3 , Fe, SiO_2 , MgO , Al_2O_3 pada zona saprolite bor CIII-i3/22-8RC
- Gambar V.15. Histogram kadar Ni, MnO , Cr_2O_3 , Fe, SiO_2 , MgO , Al_2O_3 pada zona bedrock bor CIII-i3/22-8RC
- Gambar V.16. Peta lokasi bor-bor di MBT Pulau Pakal
- Gambar V.17. Profil kadar core bor MBT
- Gambar V.18. Histogram kadar Ni, MnO , Cr_2O_3 , Fe, SiO_2 , MgO , Al_2O_3 pada zona limonit bor MBT
- Gambar V.19. Histogram kadar Ni, MnO , Cr_2O_3 , Fe, SiO_2 , MgO , Al_2O_3 pada zona transisi bor MBT.
- Gambar V.20. Histogram kadar Ni, MnO , Cr_2O_3 , Fe, SiO_2 , MgO , Al_2O_3 pada zona saprolite bor MBT
- Gambar V.21. Histogram kadar Ni, MnO , Cr_2O_3 , Fe, SiO_2 , MgO , Al_2O_3 pada zona bedrock bor MBT.
- Gambar V.22. Profil unsur major dan unsur minor bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar V.23. Grafik histogram faktor konsentrasi relatif unsur bor CIII-i3/22-8 RC, harzburgite terserpentinkan lemah
- Gambar V.24. Grafik histogram Faktor konsentrasi relative unsur bor CIII-h1/24-23 RC, batuan olivin ortho pyroksenite
- Gambar V.25. Grafik histogram konsentrasi relatif faktor kadar bor CIII-h2/11-16 RC, batuan harzburgite terserpentinkan
- Gambar V.26. Grafik histogram faktor konsentrasi relative unsur bor CIII/h2-28/11 RC batuan asal websterite
- Gambar V.27. Grafik histogram faktor konsentrasi relative unsur bor CIII/h2-30/2RC, batuan asal Harzburgite

- Gambar V.28. Grafik histogram faktor konsentrasi relative unsur bor CIII/h2-30/2RC, batuan asal Harzburgite
- Gambar V.29 Fungsi unsur Fe terhadap SiO₂ dan MgO bor MBT
- Gambar V.30 SiO₂ dan MgO % sebagai fungsi dari Fe %, bor CIII-i3/22-8RC
- Gambar V.31. Jalur pembentukan laterit batuan terserpentinkan (A) dan tidak terserpentinkan (B)
- Gambar V.32. Diagram ternery unsur SiO₂, MgO dan Ni perzona bor CIII-i2/22-8 RC
- Gambar V.33 Supergene / pengayaan unsur Ni profil laterit bir CIII-i2/22-8RC
- Gambar V.34 Lintasan A-B dan C- D, bor MBT, Pulau Pakal
- Gambar V.35. Profil lintasan AB, memotong kontur unsur Al₂O₃, SiO₂, MgO dan Fe (atas) dan Ni, Cr₂O₃, MnO dan CO (bawah), bor MBT
- Gambar V.36. Profil lintasan CD sejajar kontur, unsur Al₂O₃, SiO₂, MgO dan Fe (atas) dan Ni, Cr₂O₃, MnO dan CO (bawah), bor MBT
- Gambar V.37. Supergene Ni pada laterit batuan ultramafik
- Gambar VI.1. Hasil analisa XRD bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.2. Analisa XRD, Goetite + gibbsite (dominan) di zona limonite
- Gambar VI.3. Analisa XRD, Goetite + gibbsite (dominan) di zona transisi
- Gambar VI.4. Analisa XRD, Silika amorf dan serpentine (lizardite) di saprolite
- Gambar VI.5. Analisa XRD, Forsterit (olivine) + enstantite (piroksen) + lizardite (serpentine) di boulder zona saprolite
- Gambar VI.6. Analisa XRD, Forsterit (olivine) + enstantite (piroksen) + lizardite & talc (serpentine) pada zona bedrock
- Gambar VI.7 Grafik prosentase komposisi mineral analisa XRD bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.8. Komposisi mineral analisa XRD terhadap kadar unsur Al₂O₃ bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.9. Komposisi mineral analisa XRD dan konsentrasi unsur Fe bor CIII-i3/22-8 RC

- Gambar VI.10. Komposisi mineral analisa XRD dan konsentrasi unsur MnO bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.11. Komposisi mineral analisa XRD dan konsentrasi unsur Co bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.12. Komposisi mineral analisa XRD dan konsentrasi unsur Cr₂O₃ bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.13. Komposisi mineral analisa XRD dan konsentrasi unsur Ni bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.14. Komposisi mineral analisa XRD dan konsentrasi unsur SiO₂ bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.15. Komposisi mineral analisa XRD dan konsentrasi unsur MgO bor CIII-i3/22-8 RC
- Gambar VI.16. Analisa XRD conto PKR 1
- Gambar VI.17. Analisa XRD PT 14, butiran chromite
- Gambar VI.18. XRD dari krisopras, PKR 3
- Gambar VI.19. XRD dari garnierite, PKR 13
- Gambar VI.20. Sketsa perubahan dari batuan asal menjadi laterit
- Gambar VI.21. Profil laterit Ni dengan komposisi mineralogy
- Gambar VII.1. Gambaran pembentukan laterit daerah penelitian
- Gambar VII.2. Profil laterit nikel daerah penelitian
- Gambar VII.3. Skema pembentukan mineral sekunder dan mobilitas dan konsentrasi unsur pada laterit nikel hasil pelapukan

DAFTAR TABEL

- Tabel III.1. Kandungan unsur Ni, Fe-O, Mg, Al dan Si dalam batuan Beku (Bodlt, 1979 di Ahmad, 2006)
- Tabel III.2. Urutan mobilitas unsur dalam air menurut Polynov, 1973
- Tabel III.3. Mobilitas unsure pada kondisi hydroxide, menurut A. Berger, 1995
- Tabel III.4. Faktor konsentrasi zona limonit terhadap original bedrock daerah Timurlaut Soroako
- Tabel III.5. Mineral dan asosiasinya pada laterit dan batuan ultramafik
- Tabel III.6. Contoh perhitungan range pada analisa statistic
- Tabel V.1. Kalkulasi jenis piroksen dan olivine hasil analisa kimia core bedrock
- Tabel V.2. Data prosentase MgO, FeO dan SiO₂
- Tabel V.3. Data prosentase MgO, NiO dan SiO₂ untuk menentukan garnierit
- Tabel V.4. Statistik MgO, Al₂O₃, dan SiO₂ bor CIII-i3/22-8 RC
- Tabel V.5. Statistik kadar MgO, Al₂O₃, FeO dan SiO₂ bor CIII-i3/22-8 RC Pulau Pakal
- Tabel V.6. Parameter statistik unsur major data bor MBT Pulau Pakal
- Tabel V.7. Parameter statistik unsur minor data bor MBT Pulau Pakal
- Tabel V.8. Faktor konsentrasi unsur bor CIII-i3/22-8 RC zona bedrock dan limonit
- Tabel V.9. Faktor konsentrasi relatif unsur data bor CIII-i3/22-8 RC, harzburgite terserpentinkan lemah
- Tabel V.10. Faktor konsentrasi relative unsur data bor CIII-h1/24-23 RC, batuan olivine ortho pyroxenite tidak terserpentinkan
- Tabel V.11. Faktor konsentrasi relative unsur data bor CIII-h2/11-16 RC, batuan harzburgite terserpentinkan kuat
- Tabel V.12. Faktor konsentrasi relative unsur bor CIII-h2/28-11 RC, batuan asal websterite

- Tabel V.13. Konsentrasi relatif data bor CIII/h2-30/2 RC, batuan asal Harzburgite
- Tabel V.14. Konsentrasi relatif data bor MBT, batuan asal Harzburgite
- Tabel V.15. Perbandingan prosentase perubahan unsur pada batuan terserpentinkan (Ser) dan tidak terserpentinkan (Non Ser)
- Tabel VII.1. Mineral dan asosiasinya pada laterit nikel daerah penelitian

DAFTAR FOTO

- Foto IV.1. Topografi dengan slope sedang – curam di pulau Pakal dilihat dari pantai Timur ke Barat
- Foto IV.2. Morfologi perbukitan bergelombang dengan ketinggian antara 120 -145 m diatas permukaan laut
- Foto IV.3. Air terjun pada lokasi PKR 10
- Foto IV.4. Profil laterit nikel daerah penelitian, zona overburden, zona limonit dan saprolit, sedangkan zona bedrock berada di bawah zona saprolit dan tidak terlihat
- Foto IV.5. PKR 1, lokasi testpit MBT, hematite pada zona limonit
- Foto IV.6 PT 14, Butiran chromite pada permukaan lokasi MBT
- Foto IV.7. PT 14, bongkahan silica boxwork
- Foto IV.8 PKR 3, krisopras dan garnierite pada zona saprolit
- Foto IV.9 PKR 4, batuan serpentine dengan kekar intensif
- Foto IV.10 PKR 10, batuan serpentine dengan kekar intensif
- Foto IV.11 Lokasi PKR 7, batuan ultramafic terubah lemah – sedang
- Foto IV.1.2 Singkapan batuan yang terubah (terserpentinkan) kuat dan terubah sedang
- Foto IV.13 PKR 9, singkapan batuan serpentin pada zona bedrock, di pinggir jalan tambang
- Foto IV.14. PKR 10, batuan serpentin pada zona bedrock
- Foto IV.15. PKR 12, singkapan batuan serpentin
- Foto IV.16 Core peridotite, bor CIII-h2/11-16, kedalaman 53,5 m
- Foto IV.17 Core peridotite, bor CIII-h2/30-2, kedalaman 46 m
- Foto IV.18. Core piroksenit, bor CIII-h2/24-23, kedalaman 52 m
- Foto IV.19 Core piroksenit, bor CIII-h2/28-11, kedalaman 43 m
- Foto IV.20 Lokasi MBT
- Foto IV.21 Bukaan dinding MBT pada lokasi CIII-h1/4A-23A
- Foto IV.22 Bukaan dinding MBT dengan boulder saprolit
- Foto V.1. Topografi dengan kemiringan sedang di lihat dari jalan tambang
- Foto V.2. Singkapan batuan ultramafik yang masih segar

- Foto V.3. Butiran chromit di permukaan
- Foto V.4. Batuan ubahan serpentine dan foto sayatan tipis PKR 9
- Foto VI.1 Sebaran boulder pada laterit
- Foto VI.2 Arah pelapukan pada boulder saprolit
- Foto VI.3 Mangan berwarna hitam pada zona limonit
- Foto VI.4 Contoh Hematite PKR 1

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Conto Singkapan dan analisa nya

LAMPIRAN B : Conto Core dan analisa nya

LAMPIRAN C : Bor CIII-i3/22-8 RC dan analisa nya

LAMPIRAN D : Conto MBT dan analisa nya

LAMPIRAN E : Peta – peta

ABSTRACT

Laterite nickel study area in the southern part of the Pakal island is nickel mine owned by PT Antam (persero) Tbk , which has been done in mining ore for export .Ultramafic rocks are part of a series of regional ophiolite that formed as a plate collision obduction ocean crust on the island arc in the western Pacific plate.

The result minerals analysis with XRD and petrography are olivine and pyroxene which partially altered into serpentine as lizardite, chrysotile and talc. Olivine is a mineral that most carriers element Ni to 0.3 %. Ultramafic rocks classification based on mineral composition of olivine and piroksen are dunite and peridotite which is weak-strong serpentinize.

Weathering process is strongly influenced by the origin of rock types, minerals and elements stability, mobilization ions, residual concentration and enrichment. Relative concentration of elements Mg and SiO₂ which is inversely proportional to the mobile elements that are immobile Fe. Alteration of olivine and pyroxene due to weathering processes starts from the unstable nature altered into smectite in the saprolite and transition zone. Chrysopras is quartz vein that is formed on the associated with nickel saprolite zone between the boulders filled fractures.

Serpentine and talc have altered slower and more stable at acidic pH but in alkaline pH more acid was forming secondary minerals such as oxidation minerals (hematite and gibbsite) and hydroxide minerals as goethite. Ni unstable in acidic pH was close to the surface and then tends to bind elements also form a ferro magnesian garnierite.

Weathering process of unserpentine rocks was faster than serpentines rocks. The relative concentration of Ni in unserpentine rocks more than weak until strong serpentinize rocks, with a ratio of 3-6 : 2-3 .

Enriched Ni > 1.5 % occurred in the saprolite zone and transition zone with Fe < 13 % , 14-21 % Mg , with a range of 0.03% Co. Concentration of nickel study area can be classified as a potential Hydrous silicate Deposits (saprolite zone) and Oxide deposit (zone limonite - transition), the fix system processing nickel laterite ore for study area is a combination of propagators pyrometallurgical and hydrometallurgy .

ABSTRAK

Laterit nikel di daerah penelitian berada di Pulau Pakal bagian Selatan adalah tambang nikel milik PT Antam (presero) Tbk, yang sudah di lakukan penambangan untuk kepentingan ekspor bijih nikel.

Batuan ultramafik merupakan bagian dari series ofiolit yang secara regional terbentuk karena tumbukan lempeng berupa obduksi kerak samudra pada bagian busur kepulauan. di bagian barat Pasifik.

Analisa mineral metode XRD dan petrografi, mineral primer batuan adalah olivine dan piroksen, yang sebagian berubah menjadi serpentin seperti lizardite, chrysotile dan talk. Mineral olivine adalah mineral pembawa unsur Ni yang terbanyak mencapai 0.3%. Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan komposisi mineral adalah dunit dan peridotit yang terserpentinkan lemah – sangat kuat.

Proses pelapukan sangat dipengaruhi oleh jenis batuan asal, stabilitas mineral dan unsur, mobilisasi ion-ion yang bersifat tidak stabil, konsentrasi residu dan pengayaan. Konsentrasi relatif unsur pada laterit, unsur Mg dan SiO₂ yang bersifat *mobile* berbanding terbalik terhadap unsur Fe yang bersifat *immobile*. Ubahan mineral karena proses pelapukan dimulai dari olivin dan piroksen yang bersifat tidak stabil berubah menjadi mineral *smectite* di zona saprolit dan transisi. Krisopras adalah vein quartz yang berasosiasi dengan nikel terbentuk pada zona saprolit mengisi rekahan antara boulder-boulder.

Mineral serpentine dan talk berubah lebih lambat dan tidak stabil pada pH yang lebih asam. Perubahan pH dari basa (di bagian dalam) menjadi asam (mendekati permukaan), menyebabkan terbentuknya mineral-mineral sekunder seperti mineral oksidasi (*hematite* dan *gibbsite*) dan mineral hydrooksidasi (*goethite*). Unsur Ni yang bersifat setengah *mobile* tidak stabil berada di pH asam yang dekat permukaan kemudian cenderung turut dan mengikat unsur *ferro magnesian* membentuk *garnierite*.

Pelapukan batuan tidak terserpentinkan lebih cepat dibandingkan batuan terserpentinkan, sehingga konsentrasi relatif Ni pada zona saprolit – transisi dan limonit pada batuan tidak terserpentinkan – terserpentinkan lemah

lebih terkonsentrasi dari pada batuan yang terserpentikan kuat, dengan perbandingan 3-6 : 2-3.

Pengayaan Ni > 1.5% terjadi pada zona saprolit dan zona transisi dengan Fe <13%, Mg 14-21%, dengan Co berkisar 0.03%, Konsentrasi nikel daerah penelitian dapat dikelompokkan sebagai potensi *Hydrous silicate Deposits* (zona saprolit) dan *Oxide Deposite* (zona limonit – transisi), dengan system pengolahan bijih laterit nikel merupakan kombinasi dai *pyrrometalurgical* dan *hydrometallurgy*.