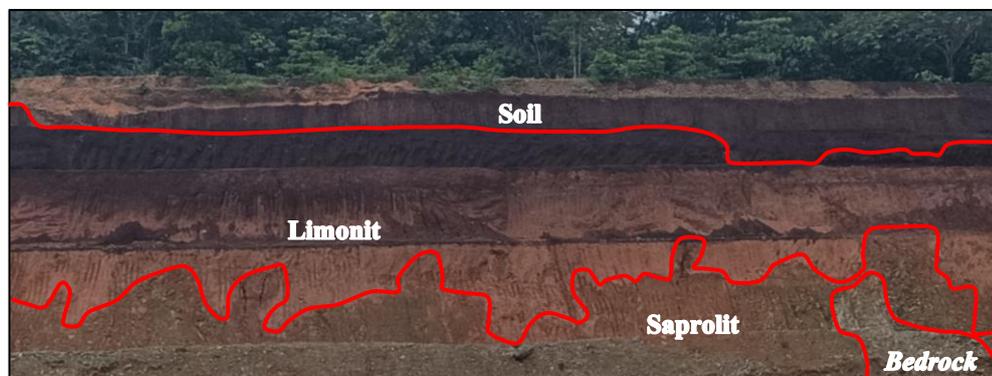


BAB V

PENGARUH SERPENTINISASI TERHADAP KADAR NIKEL PADA ENDAPAN NIKEL LATERIT

Proses serpentinisasi pada daerah penelitian terdapat di zona endapan nikel laterit, terutama pada saprolit dan *bedrock*. Zona laterit di daerah penelitian sudah dilakukan eksploitasi atau penambangan serta reklamasi di beberapa tempat yang dapat dilihat pada Peta Geomorfologi (Lampiran 4). Lapisan yang dapat ditemui pada permukaan daerah penelitian kebanyakan hanya berupa *bedrock* yang telah mengalami proses serpentinisasi. Akan tetapi, masih ada juga zona laterit yang dapat dijumpai lapisan *soil*, limonit, saprolit dan *bedrock*nya (Gambar 33).



Gambar 33. Kenampakan Laterit Daerah Penelitian

Laterit sendiri biasanya mempunyai 4 lapisan yaitu *soil*, limonit, saprolit dan juga *bedrock*. *Soil* merupakan zona pertama pada endapan laterit, yang disusun oleh material lepasan berukuran pasir hingga lempung yang umumnya berwarna coklat kehitaman karena mengandung unsur hara atau organik yang tinggi. Selanjutnya, zona limonit merupakan zona yang mengandung pengkayaan besi residual atau Fe yang tersusun oleh oksida besi yang teroksidasi dan terhidrasi. Material zona limonit ini berupa mineral lempung, dimana bagian atas dari zona limonit biasanya mengandung hematit dan goetit yang menyebabkan zona ini memiliki warna kemerahan dan kekuningan.

Zona saprolit merupakan zona kaya akan unsur Ni dan Mg, yang mana memang zona ini tempat terjadinya pengkayaan nikel laterit itu sendiri atau biasa disebut sebagai *supergene enrichment*. Pada zona ini biasanya banyak ditemui mineral nikel dan juga serpentin. Kemudian yang terakhir, zona *bedrock* merupakan zona bagian terbawah dari profil laterit yang terdiri dari batuan dasar. Nikel laterit terbentuk dari batuan beku ultrabasa atau lebih tepatnya ultramafik, seperti peridotit

dan dunit yang telah mengalami pelapukan. Rekahan pada *bedrock* ini sendiri biasanya terisi oleh silika.

5.1 Petrografi Batuan Dasar

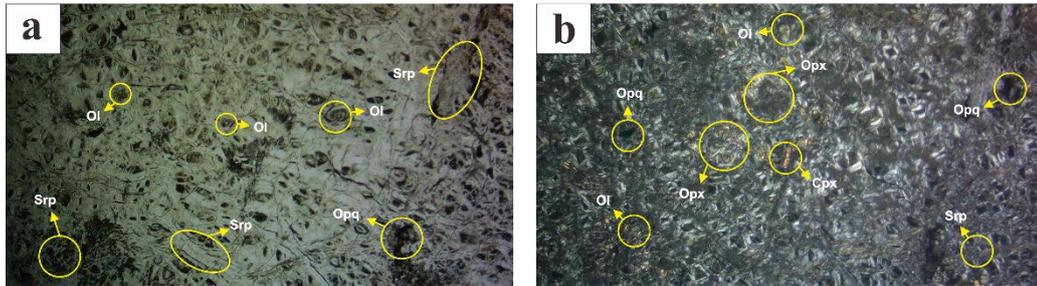
Lherzolit Terserpentinisasi

Batuan ini terpengaruh oleh proses serpentinisasi yang cukup masif akan tetapi masih menunjukkan sifat dari mineral sebelumnya, hal itu dibuktikan oleh adanya mineral olivin yang belum berubah sepenuhnya menjadi mineral serpentin yang dicirikan oleh tekstur batuan seperti berbutir. Karena mineral serpentin umumnya memiliki tekstur liniasi atau menjarum. Lherzolit Terserpentinisasi ini tersusun oleh olivin terserpentinisasi, ortopiroksen, klinopiroksen dan sebagian kecil mineral opa. Pada sayatan batuan ini memiliki tekstur khusus berupa *veinlet* yang diisi oleh mineral serpentin serta *mesh texture* yang merupakan hasil belum sempurna dari proses serpentinisasi dan biasanya berbentuk kelok-kelok dan masih meninggalkan inti dari olivinya itu sendiri serta dikelilingi oleh mineral serpentin berupa lizardit dan krisotil.

Mineral dengan tekstur khusus *mesh texture* merupakan penciri dari keterdapatannya mineral olivin berupa fayalit yaitu mineral olivin yang kaya akan Fe dan terbentuk pada suhu 1200°C dan yang berubah terlebih dahulu menjadi serpentin ialah forsterit merupakan mineral olivin yang kaya akan Mg dengan suhu pembentukannya yaitu 1800°C. Menurut Ahmad (2001) mineral olivin forsterit banyak dijumpai pada batuan basa dan ultrabasa, sedangkan fayalit lebih sering dijumpai pada batuan alkali dan sedimen yang kaya akan zat besi dan telah termetamorfismakan. Sebagian besar kadar Ni pada endapan nikel laterit terkandung sebagai pengganti atom magnesium oleh atom nikel dikarenakan memiliki ukuran sama, hal inilah yang menyebabkan mineral forsterit akan membawa kadar Ni yang lebih banyak daripada fayalit.

Keterdapatannya mineral olivin yang terserpentinisasi ini menandai bahwa batuan ini mempunyai sifat yang ultrabasa dan terbentuk dari proses intrusi dari mantel bagian atas, dimana kemudian mengalami proses serpentinisasi yang terjadi pada pembentukan MOR (*Mid Ocean Ridge*) dan juga akibat dari proses tektonik. Batuan Lherzolit terserpentinisasi ini telah mengalami proses hidrotermal yang melibatkan perubahan pada sifat fisik dan kimianya akibat dari hidrasi ketika batuan ultrabasa

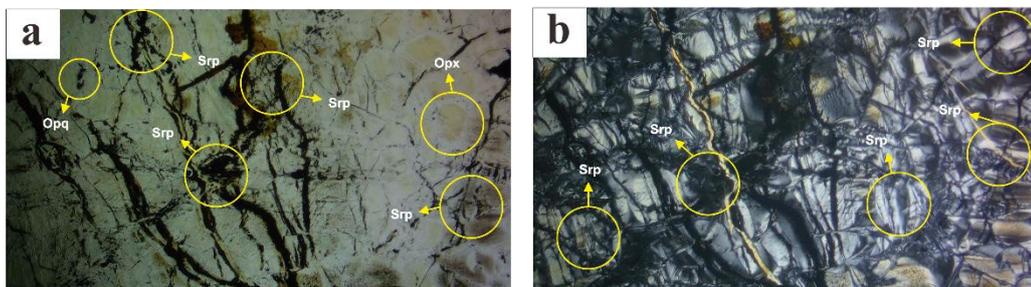
bertemu dengan fluida dari suhu yang lebih rendah. Dibawah ini merupakan sayatan dari satuan batuan Lherzolit Terserpentinisasi (Gambar 34).

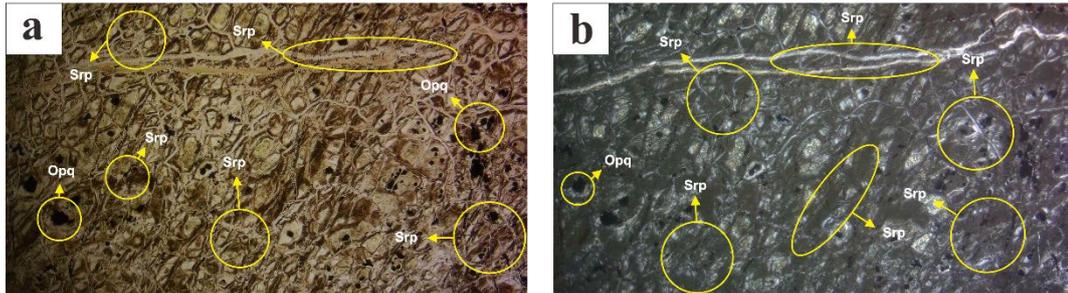


Gambar 34. Sayatan Petrografi Lherzolit Terserpentinisasi (a) Pengamatan PPL, (b) Pengamatan XPL

Serpentinit

Batuan serpentinit ini sebagian besar disusun oleh mineral serpentin dan sedikit dari mineral opa. Secara megaskopis batuan serpentinit ini memiliki warna abu-abu kehijauan (segar) dan lapuk kecoklatan dengan tingkat serpentinisasi tinggi yaitu lebih dari 60%, memiliki struktur non foliasi dan tekstur kristaloblastik dengan komposisi mineral yang didominasi oleh serpentin. Sedangkan berdasarkan mikroskopis dari hasil analisis sayatan petrografi singkapan batuan serpentinit dengan menggunakan mikroskop polarisasi pada sayatan tipis didapatkan kenampakan warna absorpsi hijau pucat-tidak berwarna pada PPL dan abu-abu putih orde 1 pada XPL sebagai warna interferensi. Batuan ini memiliki struktur non-foliasi (granulose) dengan tekstur kristaloblastik (granoblastik), bentuk mineral subhedral, komposisi mineralnya serpentin (Srp) > 95% dan mineral opa (Opq) < 5% serta memiliki tekstur khusus *mesh texture* dan *veinlet* yang bisa dilihat pada (Gambar 35).





Gambar 35. Sayatan Petrografi Serpentinit dengan Pengamatan PPL (kiri) dan XPL (kanan), (a) Petrografi batuan pada singkapan GG 3.4, (b) Petrografi batuan pada singkapan GG 3.11

5.2 Profil dan Geokimia Endapan Nikel Laterit

Secara umum terdapat 4 zona pada endapan nikel laterit yaitu *soil*, limonit, saprolit dan *bedrock*. Akan tetapi untuk kepentingan eksplorasi dan penambangan sendiri zona tersebut akan dispesifikasikan lagi, yaitu pada zona limonit akan dibagi menjadi *red limonite* dan *yellow limonite*. *Red limonite* ialah zona limonit yang kaya akan Fe yang mana di zona ini akan mengalami oksidasi sehingga warnanya berubah menjadi coklat kemerahan sampai kehitaman. Penciri dari zona *red limonite* ini sendiri yaitu adanya mineral hematit. Sedangkan, untuk *yellow limonite* ialah zona yang sama kaya akan Fe serta mengalami hidrasi yang dimana merubah lapisan zona ini menjadi berwarna coklat kekuningan sampai jingga. Untuk zona ini sendiri dicirikan dengan adanya mineral goetit.

Zona saprolit terbagi menjadi 3 bagian yaitu *earthy saprolite*, *rocky saprolite* dan *saprock*. *Earthy saprolite* merupakan saprolit yang dimana tanah lebih dominan daripada fragmen batuan asalnya. Pada zona saprolit ini telah mengalami pelapukan yang berkelanjutan sehingga memiliki keterdaptan *boulder* (bongkahan) yang kurang dari 10% dan teksturnya cenderung lebih lembut karena didominasi oleh tanah yang kaya akan mineral Ni-Mg Hydrosilikat. Kemudian ada *rocky saprolite* ialah saprolit yang dimana terdapat banyak tanah dan juga batuan asalnya. *Rocky saprolite* ini merupakan zona dengan tingkat pelapukan menengah dengan keterdaptan *boulder* sekitar 10-50% Yang terakhir, terdapat *saprock* yang mengindikasikan zona saprolit yang sudah dekat dengan *bedrock*nya karena dicirikan dengan fragmen batuan asal yang lebih dominan daripada tanahnya. Zona ini memiliki tingkat pelapukan awal dikarenakan memang belum mengalami

pelapukan atau lateritisasi sehingga kondisinya masih *fresh* dan terdapat banyak *boulder* atau batuan asalnya yang mencapai lebih dari 50%.

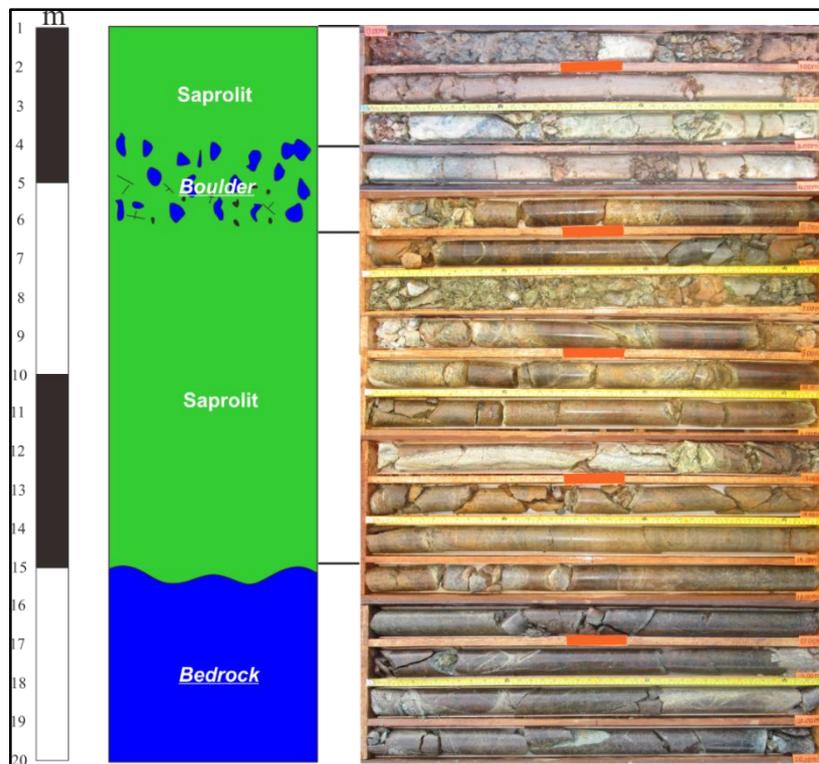
Endapan nikel laterit pada daerah penelitian sebagian besar hanya terdapat 2 zona yaitu saprolit dan *bedrock* dengan disertai keterdapatannya *boulder* yang melimpah pada zona saprolitnya. Setiap zona pada endapan nikel laterit ini akan memiliki nilai kadar berbeda-beda. Seperti halnya salahsatu contoh data titik bor Q001 yang didapatkan didaerah penelitian dengan menggunakan data geokimia XRF, dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Tabel 9).

Tabel 9. Data Kadar Geokimia Titik Bor Q001 (%)

Depth (m)	Ni	Co	Fe2O3	SiO2	MgO
1	1,56	0,018	11,48	43,13	26,37
2	2,09	0,014	9,86	49,43	24,20
3	2,86	0,010	7,73	51,65	24,86
4	1,72	0,014	10,24	44,43	29,45
5	1,33	0,012	9,64	39,83	30,35
6	1,34	0,012	10,85	39,82	26,45
7	1,78	0,012	12,91	36,62	21,99
8	1,92	0,013	9,82	41,85	29,02
9	1,08	0,010	8,04	42,01	31,22
10	0,76	0,009	8,27	43,27	33,31
11	0,81	0,014	10,23	43,24	31,02
12	1,32	0,014	9,83	42,08	32,39
13	0,81	0,011	8,31	43,03	36,90
14	0,47	0,014	10,26	43,52	31,23
15	0,28	0,012	9,32	43,60	32,32
16	0,26	0,011	8,55	43,54	34,40
17	0,24	0,011	8,72	42,92	32,36
18	0,24	0,011	8,28	42,32	34,50
19	0,25	0,010	7,89	42,31	36,47
20	0,23	0,010	8,12	42,12	32,76

Pada endapan nikel laterit yang ada didaerah penelitian terdapat data geokimia yang kebanyakan hampir terdiri dari saprolit dan *bedrock*, salah satunya yaitu pada titik bor Q001 yang dimana pada kedalaman Pada kedalaman 0-4 m ditemukannya zona saprolit dengan warna merah kehijauan dengan material *corenya* berupa *sandy-rocky*, ukuran fragmen kerikil dan terdapat mineral serpentin (50%) serta geotit dan hematit (20%) dengan silika (30%) dalam jumlah sedang dan tidak

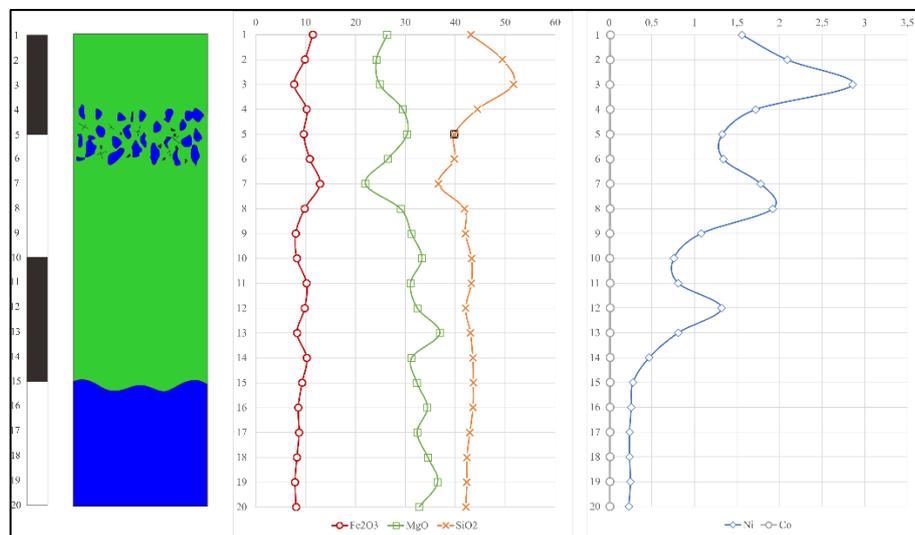
dominan. Kedalaman 4-6 m ditemukannya *boulder* dengan warna abu-abu kekuningan berukuran bongkah dengan tingkat pelapukan dan serpentinisasi sedang. Mineral yang dapat dijumpai yaitu serpentin (40%). Dikedalaman 6-15 m dijumpai kembali zona saprolit dengan material *corenya* yaitu *sandy-rocky*, ukuran fragmen kerikil-bongkah secara dominan. Terdapat mineral geotitie (20%), serpentin (50%) dan juga silika (30%). *Bedrock* hadir pada kedalaman 15-20 m yang berwarna abu kehitaman. Zona ini didominasi oleh mineral serpentin juga silika serta memiliki nilai kadar Si dan Mg yang cukup tinggi. Pada zona *bedrock* ini juga dideskripsikan sebagai batuan peridotit. Zona endapan nikel laterit ini dapat dilihat pada (Gambar 36).



Gambar 36. Profil Endapan Nikel Laterit berdasarkan analisa titik bor Q001

Pada titik bor Q001 memperlihatkan geokimia unsur pada endapan nikel laterit dengan unsur utama (Fe_2O_3 , SiO_2 , MgO) dan unsur minor (Ni, Co). Pada kedalaman 0-4 m terdapat zona saprolit yang ditandai dengan penurunan kadar dari mineral *non-mobile* yaitu Fe_2O_3 dan Co karena biasanya tertinggal di zona *top soil* dan limonit, serta melimpahnya mineral *mobile* seperti Ni, SiO_2 dan MgO . Pada zona saprolit ini terdapat proses yang disebut dengan pelindian (*leaching*) yang dimana unsur SiO_2 dan MgO akan terkonsentrasi dan mengalami penurunan secara signifikan dan kemudian nantinya terkumpul pada zona batuan dasar. Pada zona ini

juga akan terjadi pengkonsentrasian unsur Ni yang dimana biasa disebut sebagai zona pengkayaan Ni yaitu *supergen enrichment*. Kemudian kedalaman 4-6 m terdapat *boulder* yang dimana zona ini masih bisa dianggap sebagai zona saprolit tetapi didominasi oleh boulder atau bisa disebut sebagai *rocky saprolite*, karena pada zona ini masih terkonsentrasi oleh kadar Ni yang cukup tinggi. Pada kedalaman 6-15 m terdapat kembali zona saprolit yang dimana didominasi oleh Ni, akan tetapi pada kedalaman ini konsentrasi dari Ni ini perlahan menurun secara signifikan sedangkan SiO₂ dan MgO melimpah. Zona *bedrock* atau batuan dasar terdapat pada kedalaman 15-20 m yang ditandai dengan penurunan setiap kadar dengan signifikan dan hanya tersisa SiO₂ dan MgO yang tinggi (Gambar 37).



Gambar 37. Profil Geokimia Endapan Nikel Laterit pada Titik Bor Q001

Dalam penelitian ini dilakukan analisis geokimia berupa XRF pada 15 titik bor di daerah penelitian yang terdiri dari zona *top soil*, saprolit dan batuan dasar (*bedrock*). Analisis XRF ini menyajikan data hasil berupa kadar senyawa oksida (unsur mayor) dan unsur minor.

Unsur mayor adalah unsur yang lebih sering dan banyak ditemukan. Unsur mayor yaitu SiO₂, FeO, Fe₂O₃, MgO, Al₂O₃, Cr₂O₃. Berikut adalah tabel dari senyawa oksida yang telah dilakukannya analisis geokimia XRF (Tabel 10).

Tabel 10. Data Geokimia XRF Senyawa Oksida Titik Bor

Titik Bor	Kadar (%)					
	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
Q001	43,68	29,56	9,715	8,75	3,18	0,57
Q003	48,45	24,96	10,07	9,07	1,44	0,65

Q004	50,03	19,36	14,28	12,86	1,71	0,79
Q005	48,79	20,70	12,95	11,66	1,92	0,83
Q008	53,46	16,93	15,02	13,52	2,36	0,84
Q009	51,39	23,76	12,72	11,46	1,32	0,71
Q011	45,85	19,66	15,90	14,32	4,89	0,86
Q012	47,14	24,89	14,55	13,10	1,55	1,55
Q014	43,10	33,07	11,80	10,62	1,18	0,63
Q015	45,02	33,06	12,23	11,02	1,55	0,75

 Nilai Unsur Tertinggi

 Nilai Unsur Terendah

Sedangkan unsur minor adalah unsur yang jarang dan sedikit ditemukan. Unsur minornya yaitu Ni, Fe dan Co. Pada tabel dibawah ini akan ditunjukkan data hasil XRF senyawa unsur pada zona saprolit dari masing-masing titik bor (Tabel 11).

Tabel 11. Data Geokimia XRF Senyawa Unsur pada Titik Bor

Titik Bor	Kadar (%)		
	Ni	Co	Fe
Q001	1,34	0,013	6,80
Q003	0,58	0,011	7,05
Q004	1,10	0,019	10,00
Q005	0,73	0,016	9,07
Q008	0,45	0,020	10,51
Q009	0,96	0,018	8,90
Q011	0,83	0,024	11,13
Q012	1,20	0,022	10,19
Q014	1,12	0,016	8,26
Q015	0,43	0,017	8,57

 Nilai Unsur Tertinggi

 Nilai Unsur Terendah

5.3 Pengaruh Serpentinisasi Terhadap Kadar Nikel pada Endapan Nikel

Laterit di Daerah Penelitian

Berdasarkan morfologinya mineral serpentin dibagi menjadi 3 yaitu krisotil, lizardit dan antigorit. O'Hanley (1991) mengatakan bahwa subproses serpentinisasi dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu hidrasi, rekristalisasi serpentin dan deserpentinisasi. Pada daerah penelitian, subproses hidrasi inilah yang menjadu penyebab utama batuan memiliki tekstur khusus *mesh texture* oleh mineral lizardit dan krisotil.

Proses serpentinisasi yang terjadi pertama kali yaitu hidrasi, selanjutnya diikuti proses rekristalisasi serpentin. Kedua proses serpentinisasi ini termasuk dalam serpentinisasi *retrograde* yang melibatkan penyerapan fluida (hidrasi) dalam prosesnya, sedangkan proses deserpentinisasi melepaskan fluida (dehidrasi) termasuk ke dalam proses serpentinisasi *prograde*.

Pada fase *Oceanic Ridge and Floor* atau bisa disebut *Mid Oceanic Ridge* (MOR), mineral serpentin generasi pertama akan terbentuk. Serpentinisasi diawali dengan suhu tinggi yang berkisar 300-500°C. Pada fase ini proses serpentinisasi perlahan-lahan menembus tubuh mineral olivin primer dan membentuk antigorit dengan struktur yang ditafsirkan sebagai lembaran dan diikuti oleh pembentukan magnetit. Kumpulan mineral serpentin dari *Mid Ocean Ridge* ini menunjukkan dominasi mineral lizardit dan krisotil dengan magnetit. Ini berarti bahwa setelah pembentukan antigorit, terjadi penurunan suhu untuk membentuk sejumlah kecil lizardite dan krisotil.

Kemudian ada fase orogenik yang merupakan pembentukan mineral serpentin generasi kedua yang terbentuk akibat adanya proses pengangkatan. Pada suhu $\pm 250^{\circ}\text{C}$ dengan ditambah adanya tekanan serta penambahan air dan kristal-kristal mineral olivin atau piroksen tersebut perlahan-lahan mengalami perubahan dan menghasilkan lizardit dengan struktur rekahan lebih dari satu arah. Adanya *mesh texture* pada batuan juga mengindikasikan proses hidrasi. Proses hidrasi pada batuan terjadi karena adanya zona subduksi yang terbentuk akibat aktivitas tektonik antara lempeng benua dengan lempeng samudra. Lapisan serpentinisasi yang terbentuk berasal dari proses hidrasi yang terjadi pada saat pergerakan berada diatas permukaan. Selanjutnya terjadi proses pengangkatan, pada fase ini mineral krisotil hadir dengan penampakan morfologi mineral yang berserat dan hadir dengan tekstur urat yang terbentuk pada suhu $\pm 200^{\circ}\text{C}$.

Keberadaan mineral krisotil sebagai pengganti mineral olivin dibuktikan dengan masih jelasnya jejak kristal olivin di sekitar tubuh mineral krisotil. Sementara itu, keberadaan krisotil sebagai mineral pengganti klinopiroksen menjadi penunjuk terbentuknya didekat permukaan selama proses orogenik. Mineral krisotil bertekstur *vein texture* diartikan sebagai jenis mineral krisotil yang terbentuk pada suhu dan tekanan rendah, yaitu dekat dengan permukaan. Proses pembentukan

mineral krisotil jenis ini diperkirakan berlangsung hingga sekarang. Terbentuknya *vein texture* pada singkapan batuan yang terisi mineral krisotil berserat dipengaruhi oleh proses pelapukan. Jenis krisotil ini juga diartikan sebagai pengganti lizardit karena proses rekristalisasi (Gambar 38).

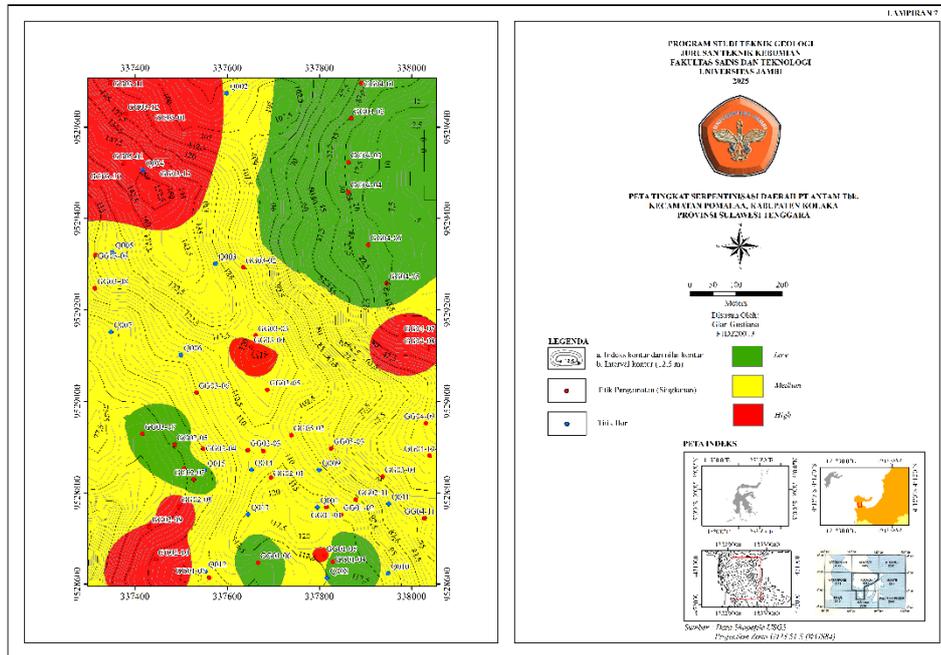


Gambar 38. Skema proses serpentinisasi pada Batuan Ultramafik (Hasria, 2022)

Pengaruh serpentinisasi terhadap endapan nikel laterit di daerah penelitian dilakukan karena telah memiliki 15 data titik bor yang akan dikorelasikan terhadap pengaruh tingkat serpentinisasi. Menurut Ahmad (2001) proses serpentinisasi sendiri melibatkan penambahan air dan silika serta proses serpentinisasi lainnya pada volume konstan yang sama melibatkan penambahan air lebih banyak daripada metode sebelumnya. Hal ini memungkinkan pembentukan *brucite*, magnesia hidroksida. Pada daerah penelitian sendiri memang ditemukan banyaknya peningkatan yang signifikan terhadap kadar SiO_2 di setiap titik bor dan ada juga yang mengalami kenaikan serta penurunan secara tidak stabil pada unsur MgO.

Gambar dibawah ini merupakan peta tingkat serpentinisasi pada daerah penelitian yang dibuat dengan menggunakan pengamatan singkapan dilapangan dan metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) pada aplikasi ArcGis (Gambar 39). Terlihat tingkat serpentinisasi *low* dengan berwarna hijau yang terdapat pada daerah penelitian, pada daerah berwarna kuning menunjukkan tingkat serpentinisasi *medium* yang mendominasi hampir menyeluruh pada daerah penelitian. Kemudian yang terakhir dapat dilihat terdapat serpentinisasi tingkat *high* dengan penyebaran

yang sangat sedikit dan tidak dominan ditandai dengan warna merah pada peta didaerah penelitian.



Gambar 39. Peta Tingkat Serpentinisasi menggunakan aplikasi ArcGis

Hasil dari data bor ini yaitu proses serpentinisasi setiap titik bor sangat mempengaruhi tingkat kadar batuan dasar dan endapan nikel lateritnya itu sendiri, seperti yang akan dijelaskan dibawah ini dimana terdapat 10 titik bor yang memang berdekatan dengan singkapan hasil dari pemetaan dilapangan. Berikut ialah penjelasan dari pengaruh tingkat serpentinisasi terhadap kadar nikelnya.

Titik Bor Q001

Titik bor Q001 pada daerah penelitian terletak di elevasi 116 yang memiliki zona saprolit dengan presentase kadar Ni sebesar 1,34 % yang sudah mengalami serpentinisasi tingkat *medium* (40-59 %) di zona saprolit maupun batuan dasarnya yang selaras dengan singkapan batuan yang didapat yaitu pada *stop site* (GG1.1). Selain itu juga daerah ini mempunyai kadar MgO yang lebih tinggi daripada Fe yaitu dengan presentase sebesar 29,56 %. Kadar SiO₂ yang dimiliki pada daerah titik bor ini ditunjukkan dengan presentase yang lumayan tinggi yaitu sekitar 43,68 %. Kadar SiO₂ dan MgO yang tinggi ini juga menandakan bahwa zona saprolit pada daerah penelitian ini memang berdekatan dengan zona batuan dasar.

Titik Bor Q003

Titik bor Q003 pada daerah penelitian terletak di elevasi 122 yang dimana pada zona saprolit di titik bor ini mempunyai kandungan Ni sebesar 0,58 % dengan tingkat serpentinisasi *medium* (40-59 %) pada zona saprolitnya, serta jika kita lihat pada *stopsite* (GG3.2) yang berdekatan dengan titik bornya yaitu sama-sama terserpentinisasi tingkat rendah pada batuan dasarnya. Kadar MgO dan juga SiO₂ yang didapatkan juga cukup tinggi, yaitu sebesar 24,96 % untuk MgO dan 48,45 % untuk SiO₂ itu sendiri.

Titik Bor Q004

Pada titik bor Q004 yang terdapat didaerah penelitian ini memiliki elevasi 147 dan mempunyai zona saprolit dengan presentase dari kadar Ni yaitu sebesar 1,10 % yang telah mengalami serpentinisasi tingkat *high* (60-100%) pada zona saprolitnya, kemudian pada batuan dasarnya sendiri memiliki tingkat serpentinisasi sama yang bisa kita lihat pada *stopsite* (GG5.1) dan berdekatan dengan daerah titik bor. Kemudian lapisan saprolit didaerah ini juga terdapat kadar SiO₂ yang cukup tinggi yaitu sebesar 50,03 % dan kadar MgO sekitar 19,36 %.

Titik Bor Q005

Pada daerah penelitian terdapat titik bor Q005 yang berelevasi 117 dan memiliki zona saprolit dengan presentase kadar Ni sebesar 0,73 % serta tingkat serpentinisasi *medium* (40-59%) pada zona saprolit dan batuan dasarnya itu sendiri, tingkat serpentinisasi pada batuan dasarnya sendiri bisa dikorelasikan dengan data *stopsite* (GG3.9) yang dimana sama-sama memiliki tingkat serpentinisasi *medium*. Selain itu, pada zona saprolit ini juga mempunyai kadar MgO sebesar 20,70 % dengan kadar Fe yang lebih rendah. Untuk kadar SiO₂ nya sendiri memiliki nilai yang cukup tinggi yaitu sebesar 48,79 %.

Titik Bor Q008

Pada daerah penelitian terdapat titik bor Q008 yang berelevasi 107 dan memiliki saprolit dengan presentase kadar Ni sebesar 0,45 %. Tingkat serpentinisasi pada daerah ini termasuk kedalam tingkat yang *medium* (40-59 %) pada zona saprolitnya jika dilihat pada data geokimianya dan di zona batuan dasarnya sendiripun memiliki tingkat serpentinisasi yang sama dan dapat kita selaraskan dengan *stopsite* (GG1.4) yang berdekatan. Kemudian jika beralih pada kadar MgO dan SiO₂, dimana untuk MgO sendiri mempunyai kadar yang bisa dibilang cukup kecil jika dibandingkan

dengan titik bor lainnya yaitu sebesar 16,93 % dan untuk SiO₂ nya berkebalikan dengan MgO yang dimana memiliki kadar yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan titik bor lainnya yaitu sekitar 53,46 %.

Titik Bor Q009

Pada titik bor Q009 yang terdapat didaerah penelitian ini memiliki elevasi 94 dan saprolit dengan presentase kadar Ni sebesar 0,96 % serta mengalami serpentinisasi dengan tingkat *medium* (40-59 %), yang dimana pada batuan dasarnya sendiri mengalami tingkatan serpentinisasi yang sama jika diselarasakan dengan data *stopsite* (GG5.3) yang telah didapat dilapangan. Sedangkan untuk presentase kadar MgO pada titik bor ini yaitu sebesar 23,76 % yang bisa dikatakan cukup tinggi, kemudian kadar SiO₂ nya yaitu sebesar 51,39 %.

Titik Bor Q011

Pada titik bor Q011 yang berada pada daerah penelitian memiliki elevasi 79 dan saprolit dengan presentase kadar Ni 0,83 % dan mengalami serpentinisasi dengan tingkat *medium* (40-59 %). Pada batuan dasarnya juga terjadi hal yang sama dengan tingkat serpentinisasinya yaitu *medium*, dimana dapat kita lihat pada *stopsite* (GG5.4) yang berdekatan. Kadar MgO pada titik bor ini memiliki presentase sebesar 19,66 %, sedangkan untuk kadar SiO₂ nya sendiri mempunyai kadar sebesar 45,85 %.

Titik Bor Q012

Titik bor Q012 yang terdapat pada daerah penelitian memiliki elevasi 85 dengan presentase kadar Ni pada zona saprolitnya yaitu sebesar 1,20 % dan tingkat serpentinisasinya sendiri ialah *medium* (40-59 %), begitu juga dengan tingkat serpentinisasi pada batuan dasarnya yang kita selarasakan dengan *stopsite* (GG1.7). Sedangkan untuk MgO sendiri memiliki presentase kadar sebesar 24,89 % dan kadar SiO₂ sendiri yaitu sebesar 47,14 %.

Titik Bor Q014

Titik bor Q014 pada daerah penelitian terletak di elevasi 102 yang memiliki zona saprolit dengan presentase kadar Ni sebesar 1,12 % yang sudah mengalami serpentinisasi tingkat *medium* (40-59 %) di zona saprolit maupun batuan dasarnya yang selaras dengan singkapan batuan yang didapat yaitu pada *stopsite* (GG2.2). Selain itu juga daerah ini mempunyai kadar MgO yang lebih tinggi daripada Fe

yaitu dengan presentase sebesar 33,07 %. Kadar SiO₂ yang dimiliki pada daerah titik bor ini ditunjukkan dengan presentase yang lumayan tinggi yaitu sekitar 43,10 %. Kadar SiO₂ dan MgO yang tinggi ini juga menandakan bahwa zona ini memang merupakan zona saprolit.

Titik Bor Q015

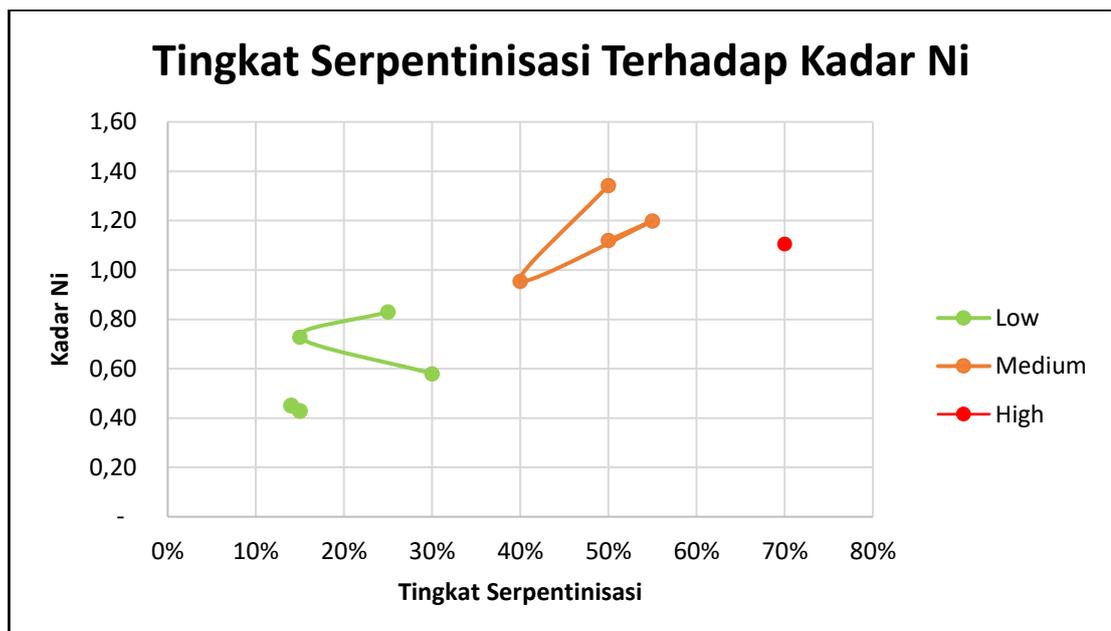
Pada daerah penelitian terdapat titik bor Q015 yang berelevasi 73 dan memiliki saprolit dengan presentase kadar Ni sebesar 0,43 %. Tingkat serpentinisasi pada daerah ini termasuk kedalam tingkat yang *low* (5-39 %) pada zona saprolitnya jika dilihat pada data geokimianya dan di zona batuan dasarnya sendiripun memiliki tingkat serpentinisasi yang sama dan dapat kita selaraskan dengan *stopsite* (GG2.4) yang berdekatan. Kemudian jika beralih pada kadar MgO dan SiO₂, dimana untuk MgO sendiri mempunyai kadar yang cukup tinggi yaitu sebesar 33,06 % dan untuk kadar SiO₂ sama juga dengan MgO yang dimana memiliki kadar yang cukup tinggi juga yaitu sekitar 45,02 %.

Berdasarkan dari data diatas dapat disimpulkan bahwa tingkat serpentinisasi pada daerah penelitian berpengaruh terhadap kadar nikel pada endapan nikel laterit terutama Ni. Pada 10 data titik bor diatas yang telah mengalami serpentinisasi dengan tingkat *low* memiliki kadar Ni berkisar dari 0-0,5 % dan 0,5-0,8 % yang bisa dikatakan tidak terlalu mengakomodasi Ni. Sedangkan pada tingkat serpentinisasi *medium-high* memiliki kadar Ni yang berkisar antara 0,8-1 % hingga > 1 %, yang dimana menjelaskan bahwa dengan tingkat serpentinisasi yang cukup tinggi dapat mengakomodasi kadar Ni yang cukup tinggi. Jika dilihat lagi berdasarkan pada peta satuan batuan yang telah dibuat pada (Lampiran 5), secara garis besar ialah pada satuan batuan lherzolit terserpentinisasi mengakomodasi Ni yang berkisar < 0,8 % dengan tingkat serpentinisasi dari *low-medium* sedangkan untuk satuan batuan serpentininit itu sendiri mengakomodasi Ni berkisar > 0,8% yang mengalami proses serpentinisasi dengan tingkat *medium-high*. Pengayaan unsur MgO sendiri ditunjukkan oleh batuan yang terserpentinisasi, dikarenakan kandungan magnesiumnya akan mengalami substistusi oleh senyawa besi (Fe) sebagian dan membuat batuan tersebut memiliki sifat yang magnetik. Pada titik bor yang mengalami serpentinisasi *medium* hingga *high* banyak dijumpai mineral lizardit dan krisotil dapat dilihat pada sayatan petrografi pada (Gambar 35) yang

cenderung mengakomodasi Ni serta menjadi alasan presentase kadar Ni pada batuan lebih tinggi. Maka dapat diperkirakan bahwa dua mineral tersebut merupakan pembawa Ni-Serpentin yaitu lizardit yang mengandung Ni serta krisotil yang mengandung Ni.

Brindley dan Pham Thi Hang (1973) mengatakan bahwa garnierit sendiri terbagi menjadi dua grup yaitu serpentin dan talk, seperti yang dapat diketahui garnierit merupakan nikel hidrosilikat yang mengakomodasi Ni dan terdapat pada zona pengkayaan Ni yaitu saprolit (*supergene enrichment*). Jika kita korelasikan pada daerah penelitian yang dimana terdapat banyak proses serpentinisasi dari mulai tingkat *low*, *medium* hingga *high* terdapat mineral serpentin berupa lizardit dan krisotil yang nantinya akan mengalami proses pelapukan laterisasi dan memungkinkan terbentuknya mineral-mineral serpentin yang mengakomodasi Ni itu sendiri seperti nepouite dari mineral lizardit. Namun presentase kadar Ni yang tinggi pada zona saprolit dan batuan dasarnya bisa juga karena berasal dari kandungan mineral primer yaitu olivin karena serpentinisasi umumnya hanya terjadi secara lokal pada batuan dasar.

Dibawah ini adalah diagram yang menggambarkan pengaruh dari tingkat serpentinisasi didaerah penelitian terhadap kadar Ni yang terdapat pada 10 titik bor berdasarkan analisis geokimia XRF (Gambar 40).



Gambar 40. Diagram hubungan antara Ni dengan Tingkat Serpentinisasi pada titik bor didaerah penelitian