BAB V. PETROGENESIS PERIDOTIT BERASOSIASI TERHADAP NIKEL LATERIT

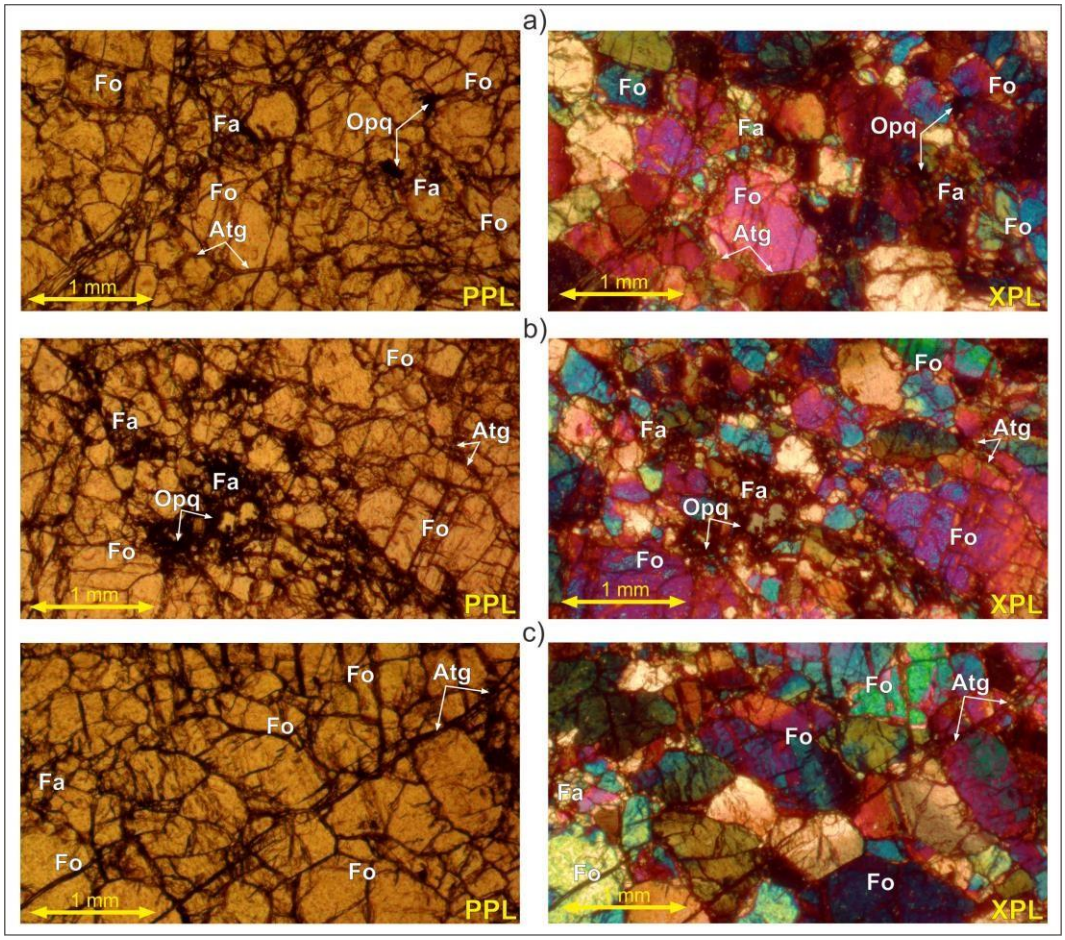
5.1 Petrogenesis Peridotit

Peridotit merupakan batuan ultramafik yang terjadi hasil dari pembekuan magma dibawah permukaan yang berada pada dasar samudra yang bersifat ultrabasa dominan akan mineral mafik seperti olivne dan piroksen. Petrogensis pada lherzolit digunakan untuk mengetahui evolusi magma, dan tatanan tektonik pada daerah penelitian. Sampel analisis petrografi yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kebumian Universitas Jambi meliputi dunit, lherzolit, lherzolit terserpentinisasi pada Formasi Ku (Kompleks Ultramafik) yang merupakan salah satu pembentukan lajur ofiolit sulawesi tenggara yang dominan mineral olivin, ortopiroksen, klinopiroksen, serpentin, opaq termasuk kedalam kromit dan urat magnetit, adapun hasil analisis dari petrografi sebagai berikut :

Dunit

Dunit dengan warna kehijauan, memiliki tekstur holokristalin, bentuk mineral *equant grains,* bentuk kristal granular, adanya tekstur *mesh*. Mineral yang hadir seperti olivin, serpentin, urat magnetit serta mineral opaq identifikasi kromit-spinel. Komposisi kimia olivin umumnya ditunjukkan oleh persentase kehadiran forsterit (Fo) dan Fayalit (Fa). Forsterit rumus kimia Mg_2SiO_4 dengan warna biru terang yang masuk kedalam orde 3 dan sebagian besar nikel terkandung dalam olivin sebagai pengganti atom magnesium oleh atom nikelkarena jari-jari ion sama, Olivin forsterit berperan dalam kelimpahan Ni pada endapan laterit. Fayalit dengan rumus kimia Fe_2SiO_4 dengan warna terang seperti hijau, biru, kuning masuk kedalam orde 2-3 dengan tekstur *mash.*

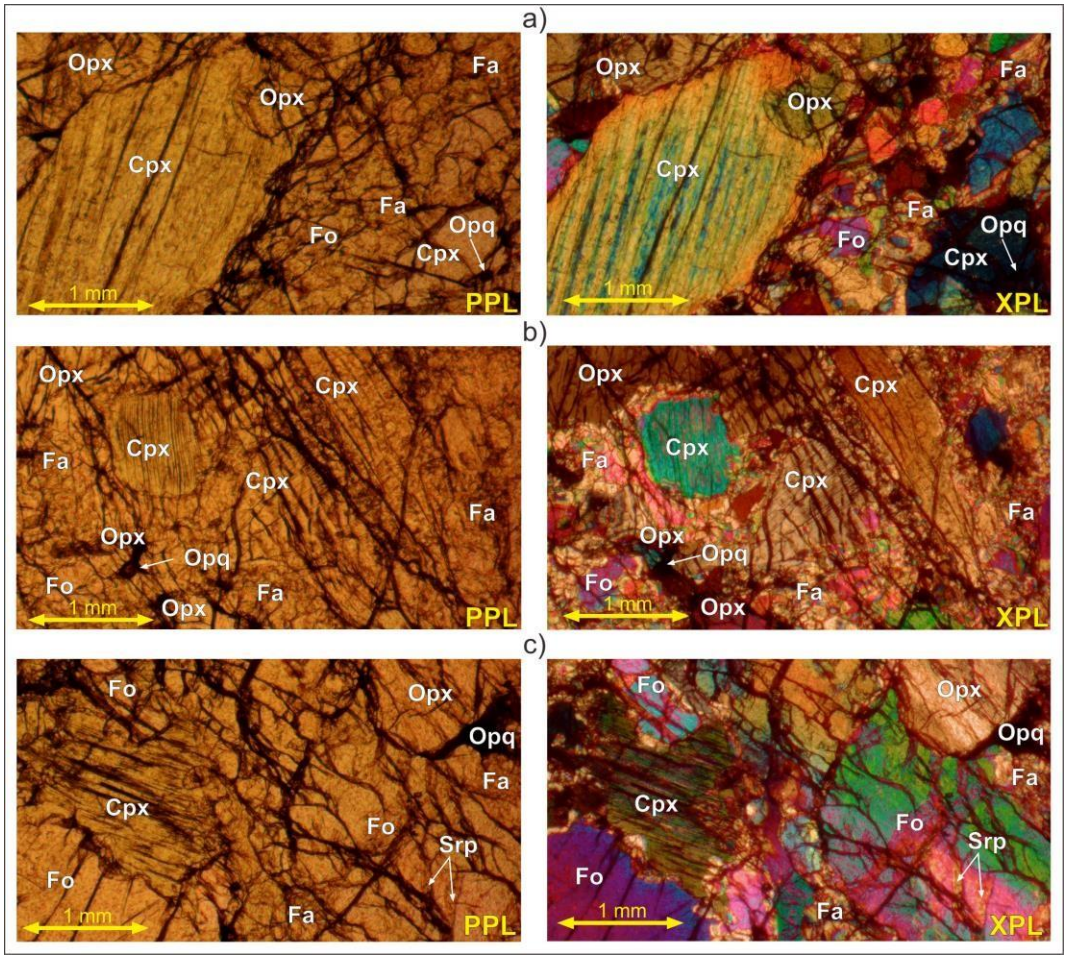
Mineral opaq identifikasi sebagai urat magnetit yang mengisi setiap rekahan dan pecahan pada mineral olivin dan piroksen serta adanya urat serpentin jenis antigorit (Atg) yang menggantikan mineral olivin yang mengisi rekahan (Gambar 40). Batuan dunit dominan terhadap mineral olivin dengan kelimpahan forsterit dibandingkan dengan fayalit, hal ini disebabkan mineral mafik dari hasil fraksinasi magma dengan suhu pembentukan 1890^0C dan diakhiri oleh fayalit dari suhu 1205^0C.



Gambar 40. (a) fotomikrografi dunit mineral penyusun forsterit, fayalit, antigorit (atg) dan opaq ditunjukan pada tekstur mesh (b) mineral penyusun forsterit, fayalit, antigorit dan opak (c) dunit dengan mineral fayalit dan forsterit serta adanya urat serpentin

Lherzolit

Pengamatan sampel lherzolit memiliki warna hijau gelap, bentuk mineral *equant grains*, bentuk kristal granular, adanya tekstur *mesh* pada mineral olivin. Mineral yang hadir seperti olivin, serpentin, urat magnetit serta mineral opaq identifikasi kromit. Pengamatan petrografi (Gambar 41a) menunjukan adanya mineral klinopiroksen (Cpx) berbentuk paralel dengan belahan dua arah, berwarna biru dan abu-abu. Mineral ortopiroksen (Opx) berwarna abu-abu-putih pucat. Peningkatan suhu pada forsterit (Fo) dari proses hidrotermal menyebabkan terjadinya perubahan ke mineral piroksen (Gambar 41b). Pada pengamatan petrografi (Gambar 41c) hadirnya klinopiroksen (Cpx) dan ortopiroksen dan sebagian adanya forsterit, fayalit dan kromit, hal ini menunjukan adanya perubahan suhu pada lherzolit dari proses hidrotermal.

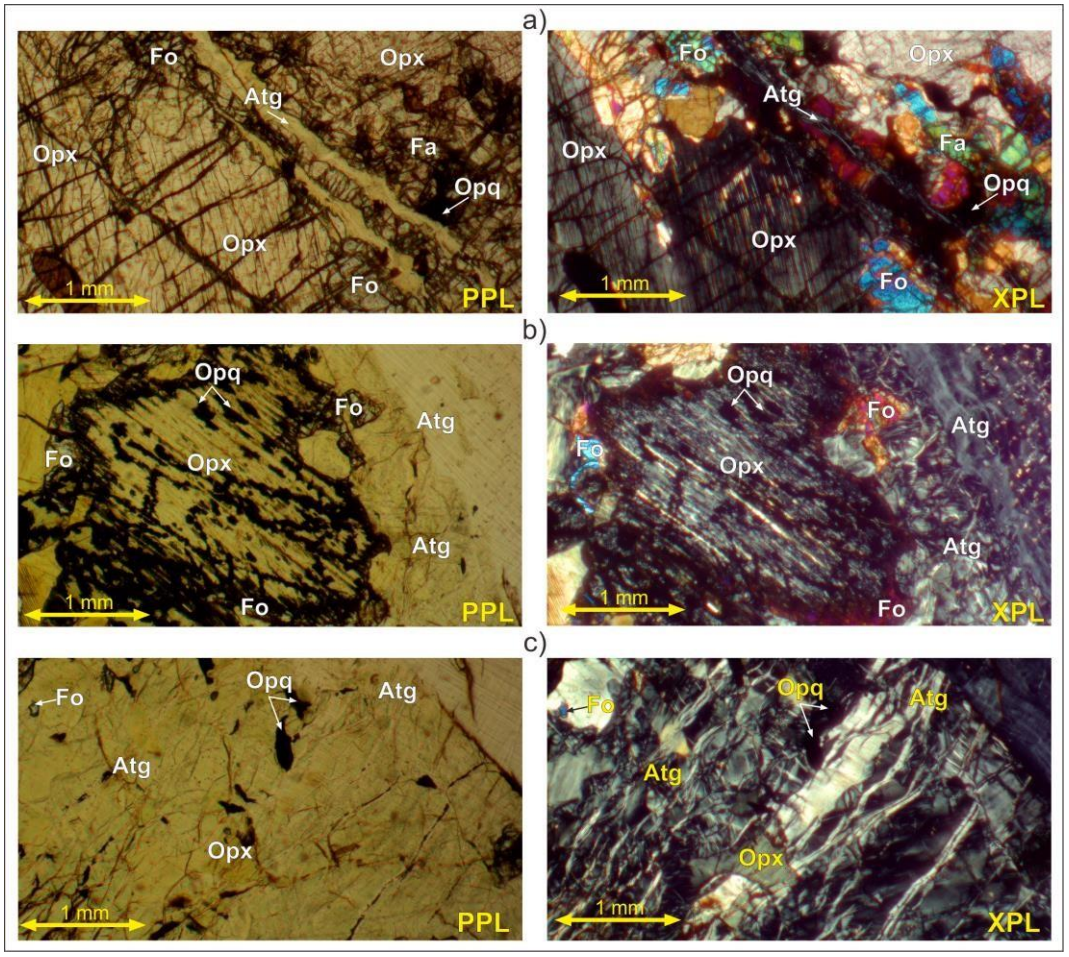


Gambar 41. (a) fotomikrografi lherzolit tersusun atas mineral forsterit, fayalit, ortopiroksen dan klinopiroksen (b) mineral forsterit digantikan dengan mineral piroksen (c) mineral forsterit mengalami pecahan sehingga tergantikan dengan mineral piroksen

Lherzolit Terserpentinisasi

Lherzolit terserpentinisasi sebagian besar tersusun oleh olivin (forsterit-fayalit), ortopiroksen, klinopiroksen, dan sejumlah kecil mineral opaq yang diidentifikasi oleh magnetit dan kromit. memiliki warna abu-abu kehijauan dengan memiliki struktur mesh – veinlet, penamaan pada batuan tersebut berdasarkan proses serpentinisasi berlangsung lebih dominan dan masih menunjukan mineral primer pada batuan. Proses serpentinisasi terjadi akibat dari proses hidrotermal melibatkan perubahan fisik dan kimia dari hidrasi ketika batuan ultrabasa terkena fluida dari suhu lebih rendah, mineral mafik (olivin dan piroksen) sehingga membentuk serpentin. Identifikasi urat serpentin ialah antigoritdengan warna abu-abu hingga coklat masuk kedalam orde 1 bentuk mineral menyerpih dan saling mengunci *(interlocking)* dengan tekstur *flaky*.

Pada pengamatan petrografi (Gambar 42a) menunjukan adanya mineral ortopiroksen identifikasi sebagai enstantit dari perubahan forsterit pada suhu yang tinggi sehingga keterdapatan serpentin jenis antigorit hal ini sejalan dengan proses hidrotermal dan beberapa mineral forsterit digantikan oleh mineral serpentin. Pengamatan pada (Gambar 42b) menunjukan adanya ortopiroken (Opx) identifikasi mineral enstantit yang telah mengalami dari proses hidrotermal sebagian digantikan oleh serpentin jenis antigorit (Atg) seperti yang ditunjukkan oleh tekstur bastit yang berasosiasi terhadap mineral kromit-spinel.



Gambar 42. fotomikrografi lherzolit terserpentinisasi tersusun atas mineral forsterit, fayalit, ortopiroksen dan anigorit (b) mineral ortopiroksen identifikasi mineral enstantit mengalami pelapukan dan pergantian menjadi antigorit (c) urat antigorit

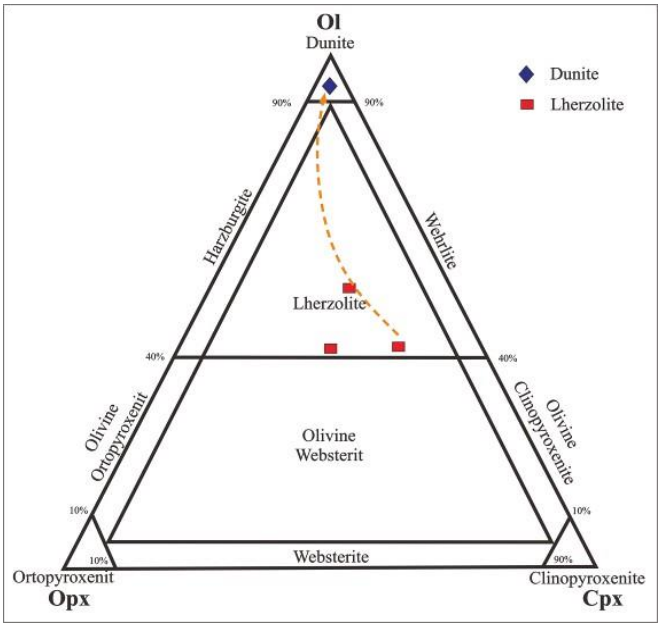
Serpentin jenis antigorit menunjukan perubahan mineral forsterit pada pengamatan (Gambar 42c) dominan mineral antigorit yang membentuk seperti laminar atau berserat, perubahan mineral olivin atau piroksen ke serpentin berada pada suhu sekitar 200-500^{0}C. Beberapa olivin dan piroksen (ortopiroksen)

digantikan oleh serpentin, pergantian mineral olivin dan piroksen digunakan untuk mengetahui proses yang terjadi selama serpentinisasi berlangsung dan dapat mengetahui lingkungan tektonik sebagai perubahan temperatur pada saat proses keterbentukan mineral dan asosiasinya dengan jenis mineral serpentin. Lherzolit yang mengalami serpentinisasi temperatur tinggi dengan ciri adanya mineral antigorit merupakan batuan yang berasal dari kerak samudera yang berada pada zona subduksi sehingga proses hidrasi yang terjadi menyebabkan terubahnya mineral olivin menjadi kelompok mineral serpentin.

Berdasarkan analisis petrografi dengan memperhatikan persentasi mineral pada batuan (Tabel 11) maka dilakukan penamaan berdasarkan klasifikasi batuan ultramafik (Streckeisen,1974) perbandingan mineral ortopiroksen, olivin, klinopiroksen, pada diagram penamaan batuan ultramafik maka didapatkan batuan dunit dan lherzolit (Gambar 43).

Tabel 11. Persentase Mineral

Sampel	Olivin	Ortopiroksen	Klinopiroksen	Serpentin	Opaq	Litologi
ST 9.1	92%	-	-	3%	5%	Dunit
ST 11.3	50	23	18	-	10	Lherzolit
ST 12.7	42	31	17	6	4	Lherzolit
ST 12.3	45	15	15	20	5	Lherzolit Terserpentinisasi



Gambar 43. Klasifikasi Penamaan Batuan Ultramafik

5.2 Geokimia Unsur Utama

Analisis geokimia dilakukan untuk menentukan lingkungan tektonik, sampel batuan dianalsis sebanyak 25 tersebar diseluruh daerah penelitian dengan mengambil senyawamayor dan unsur minor batuan. Pada (Tabel 12) persentasi unsur K_2O dan Na_2O menurun disebabkan proses difrensasi magma primer dengan kenaikan unsur MgO dan SiO_2. Magma dengan presentase silika <40% maka terbentuk olivin, dan magma dengan persentase silika >40% maka akan terbentuk piroksen atau terjadi proses hidotermal yang mengakibatkan penambahan unsur silika dan unsur Mg dan SiO2 akan meningkat seiring dengan proses difresnsasi magma berlangsung.

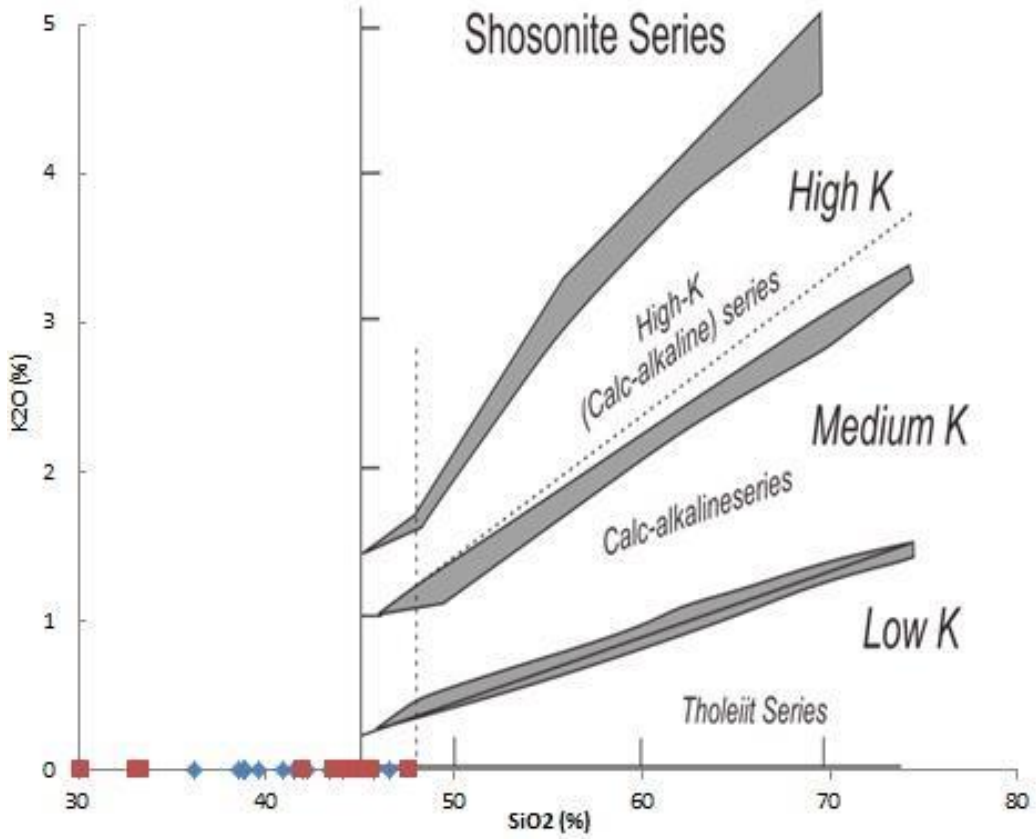
Tabel 12. Data Geokimia

No	Titik Bor	%	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	MnO	Al_2O_3	P_2O_5	TiO_2	K_20	Na_2O
1	b2-17/21	%	9.5095	38.9	0.94	37.82	0.16	1	0.01	0.01	-	-
2	b2-17/21	%	10.4533	42.24	0.86	39.96	0.17	0.84	0.01	0.01	-	-
3	b3-17/25	%	8.6515	41.97	2.49	36.93	0.15	4.89	0.05	0.01	-	-
4	b3-17/25	%	9.5238	40.91	3.35	34.31	0.16	4.56	0.05	0.01	-	-
5	b3-33/25	%	9.3808	41.54	0.47	40.62	0.15	1.32	0.01	0.02	-	-
6	b3-33/25	%	9.724	45.71	0.45	36.8	0.15	1.35	0.01	0.02	-	-
7	c2-1/1	%	12.1836	39.97	0.37	32.19	0.17	2.27	0.03	0.03	-	-
8	c2-1/1	%	7.2215	43.57	0.44	34.53	0.09	1.48	0.01	0.03	-	-
9	c2-1/29	%	9.3951	36.24	0.53	34.37	0.15	1.49	0.01	0.01	-	-
10	c2-1/29	%	8.5085	39.64	0.62	39.35	0.15	1.74	0.01	0.01	-	-
11	c2-21/21	%	10.8108	43.94	2.6	31.85	0.17	3.62	0.06	0.01	-	-
12	c2-21/21	%	8.723	44.82	1.72	38.51	0.15	1.78	0.01	0.01	-	-
13	d2-17/25	%	8.4227	47.67	0.31	37.31	0.14	1.2	0.01	0.01	-	-
14	d2-17/25	%	8.3941	45.54	0.34	38.31	0.14	1.09	0.01	0.01	-	-
15	d3-17/25	%	9.8956	38.5	3.4	31.2	0.16	4.02	0.08	0.02	-	-
16	d3-17/25	%	9.8098	38.81	3.66	31.4	0.16	3.92	0.08	0.01	-	-
17	b2-33/17	%	10.0243	43.34	0.68	35.04	0.16	1.81	0.01	0.01		
18	b2-33/17	%	10.4676	44.08	0.66	36.56	0.17	2.14	0.02	0.01	-	-
19	d2-9/17	%	9.5667	33.38	3.08	32.89	0.16	3.58	0.07	0.01	-	-
20	d2-9/17	%	9.152	33.13	3.23	32.66	0.15	3.22	0.07	0.01	-	-
21	c2-17/9	%	17.6319	30.13	0.69	38.93	-	-	-	-	-	-
22	c3-17/17	%	13.9282	46.57	1.2	28.71	-	-	-	-	-	-
23	c3-29/9	%	33.4334	26.71	0.51	19.41	-	-	-	-	-	-
24	d3-29/25	%	10.6106	45.63	1.01	34.57	-	-	-	-	-	-
25	d3-37/17	%	11.5115	45.22	1.67	35.99	-	-	-	-	-	-

5.2.1 Analisis Diagram Afinitas Magma

Analisis geokimia dilakukan untuk menentukan lingkungan tektonik pada daerah penelitian, sampel batuan yang dianalisis sebanyak 25 sampel batuan tersebar pada daerah penelitian dengan mengambil senyawa utama batuan. Pada (Tabel 12) menunjukan persentasi unsur K_2O dan Na_2O menurun disebabkanproses difrensasi magma primer dengan kenaikan unsur MgO dan SiO_2.

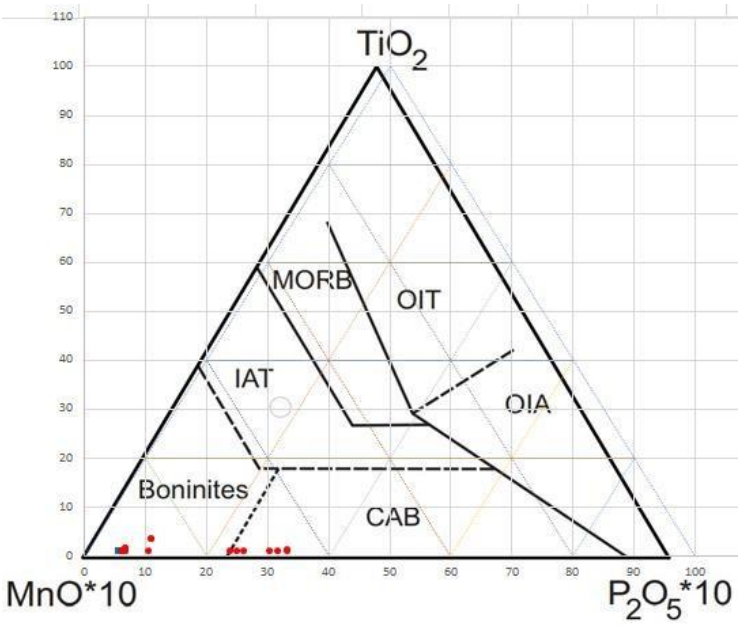
Penentuan jenis afinitas magma dapat dilakukan dengan menggunakan diagram perbandingan nilai SiO2 dengan nilai K2O. Seri alkalinitas magma menggambarkan perbedaan jenis magma yang menjadi sumber pembentukan beberapa batuan di lokasi penelitian. Berdasarkan data geokimia (Tabel 12)dalam analisis diagram K_2O vs SiO_2 (Gambar 44) diketahui seri magma pada batuan dunit dan peridotit di lokasi penelitian masuk kedalam seri K rendah(toleit) dengan persentase SiO2 (30-47%), toleit merupakan seri sub alkali yang umumnya berasal dari punggungan Samudra atau kontinental yang menampilkan lingkungan tektonik berdasarkan seri afinitas magma.



Gambar 44. Diagram K2O Vs SiO2

5.2.2 Diagram Lingkungan Tektonik

Diagram ternier 10.MnO-TiO2-10.P_2O_5 digunakan untuk menentukan dan membedakan lingkungan tektonik batuan. Hasil ploting pada batuan dunit dan peridotit dari (Tabel 12) didapatkan hasil bahwa untuk batuan seri K-rendah pada zona Island arc Calc-Alkaline Basalt dengan nilai MnO tinggi merupakan batuan boninit (asosiasi dari batuan busur kepulauan), dan masih berhubungan dengan lingkungan busur kepulauan (Gambar 45).



Gambar 45. Diagram ternier 10.MnO-TiO_2-10.P_2O_5

5.2.3. Analisis Evolusi Magma

Analisis pada diagram harker Menurut Rollinson (1993) dilakukan untuk mengetahui proses diferensiasi, fraksinasi kristal, pencampuran magma, atau terjadinya asimilasi magma. Pembentukan batuan menggunakan komposisi unsur oksida utama terhadap pembanding SiO_2. Proses diferensiasi magma dapat diketahui dari pola yang terbentuk pada Diagram Harker yang terbentuk.

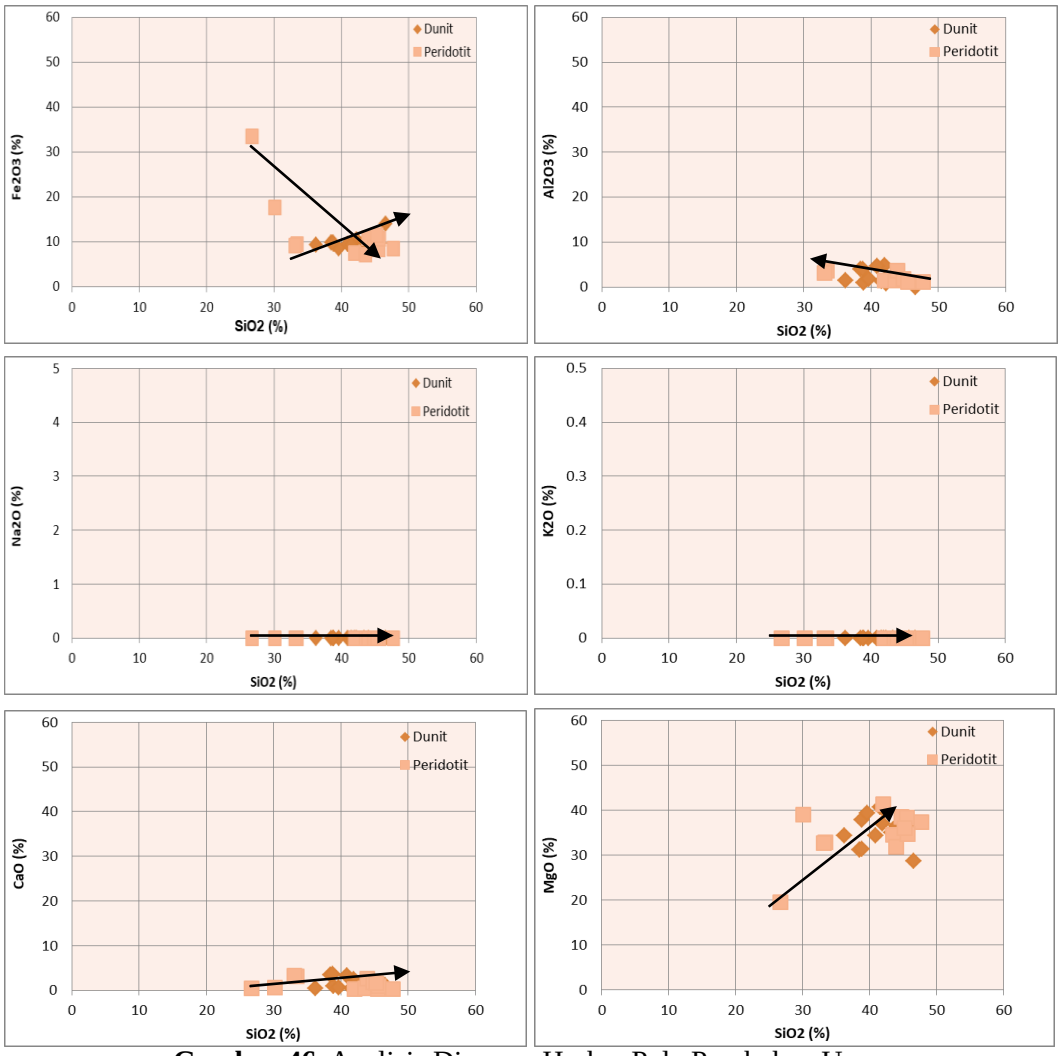
Korelasi antar unsur SiO_2 dengan MgO antara dunit dan peridotit menunjukkan adanya kenaikan unsur dan proses fraksinasi kristal secara normal pada saat pembekuan magma. Hubungan antarakedua unsur yaitu SiO_2 dan MgO akan memiliki korelasi semakin tinggi nilai MgO maka akan menurun juga unsur SiO_2 akibat proses fraksinasi yang membentuk kelompok mineral ultramafik.

Korelasi Unsur pada SiO_2 dengan unsur CaO dan Al_2O_3, pada batuan ultramafik memiliki pola meningkat seiring diferensiasi magma, hal ini

disebabkan oleh unsur Ca dan Al_2O_3 belum berasosiasi dalam membentuk mineral batuan ultramafik.

Korelasi unsur pada pola SiO_2 dengan unsur NaO dan K_2O terhadap pola tren yangmenunjukkan nilai kedua unsur tersebut sama dan konsisten dikarenakan nilai MgO naik sehingga NaO dan K_2O menurun. Hal ini disebabkan kedua unsur ini yang belum digunakan pada pembentukanmineral – mineral mafik.

Korelasi unsur pada pola SiO2 dengan Fe_2O_5 dapat dilihat ada 2 tren turun dan naik yang mencirikan afinitas magma. Sampel dunit meningkat hal ini dari seri toleit terjadi fraksinasi kristal unsur Mg pada olivin dan piroksen, sehingga Fe_2O_5 menjadi relatif terkayakan di magma. Pada peridotit mengalami penurunan seiring proses diferensiasi magma karena unsur Fe_2O_5 langsung digunakan dalam membentuk mineral (Gambar 46).

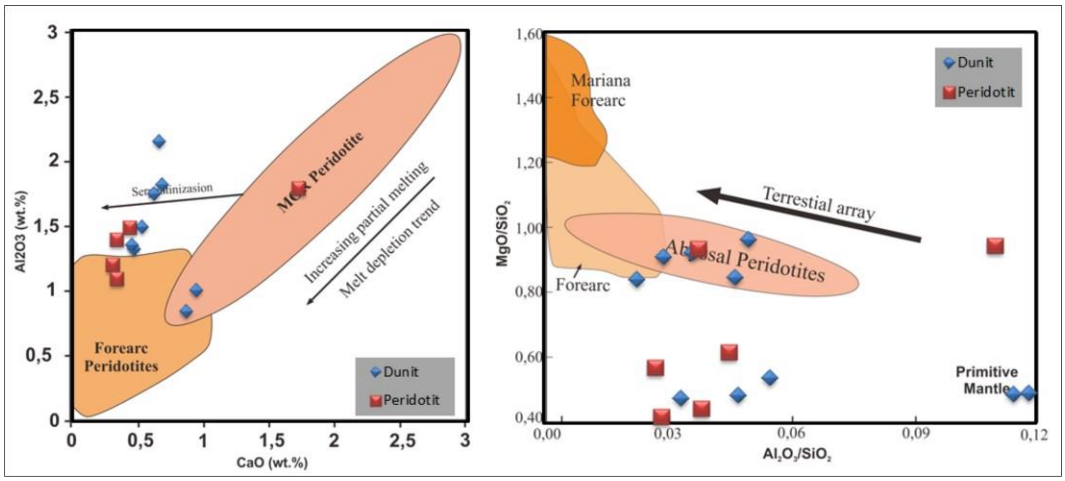


Gambar 46. Analisis Diagram Harker Pola Perubahan Unsur

5.2.4 Tipe Dan Perbandingan Peridotit

Berdasarkan data geokimia (Tabel 12), dilakukan analisis dalam penentuan tipe dan perbandingan peridotit diagram Al_2O_3 vs CaO, menunjukan bahwa sampel batuan penelitian memiliki tipe peridotit busur tengah samudra *(MOR peridotites).* Analisis Mg/Si vs Al/Si menunjukan daerah penelitian masuk kedalam busur depan *(forearc peridoties)* akibat dari proses subduksi lempeng hindia terhadap *East Sulawesi Ofiolite* (ESO). Hal ini membuktikan asal peridotit sebagai batuan lingkungan busur kepulauan sebagaimana hasil plot diagram tipe peridotit pada (Gambar 47).

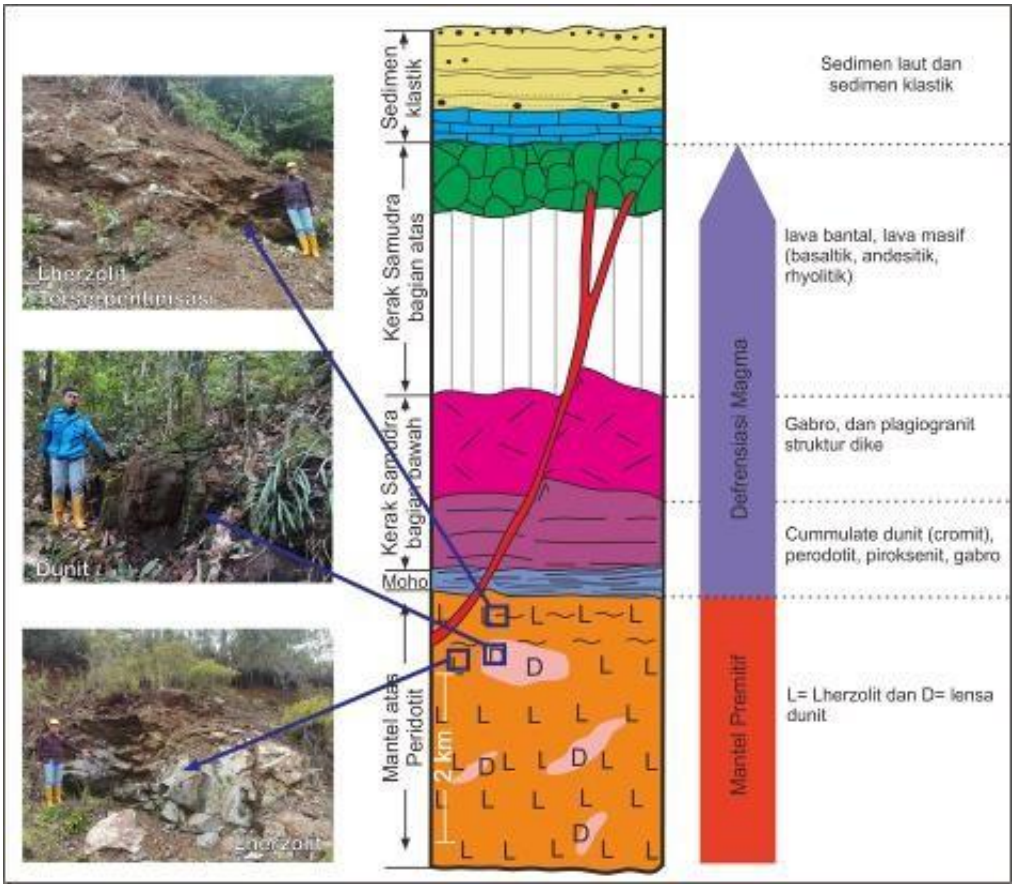
Analisis diagram Mg/Si vs Al/Si terhadap batuan peridotit Beberapa sampel peridotit dan dunit masuk kedalam tipe peridotit busur tengah Samudra menunjukan sumber kehadiran batuan melalui hidrasi fluida hidrotermal sebagai peridotit *abyssal* aktivitas pemekaran lantai Samudra yang hanya akan terjadi pada zona pegunungan tengah Samudra (Gambar 47).



Gambar 47. Diagram Al_2O_3 vs CaO dan Mg/Si vs Al/Si

5.2.5 Skuen Ofiolit

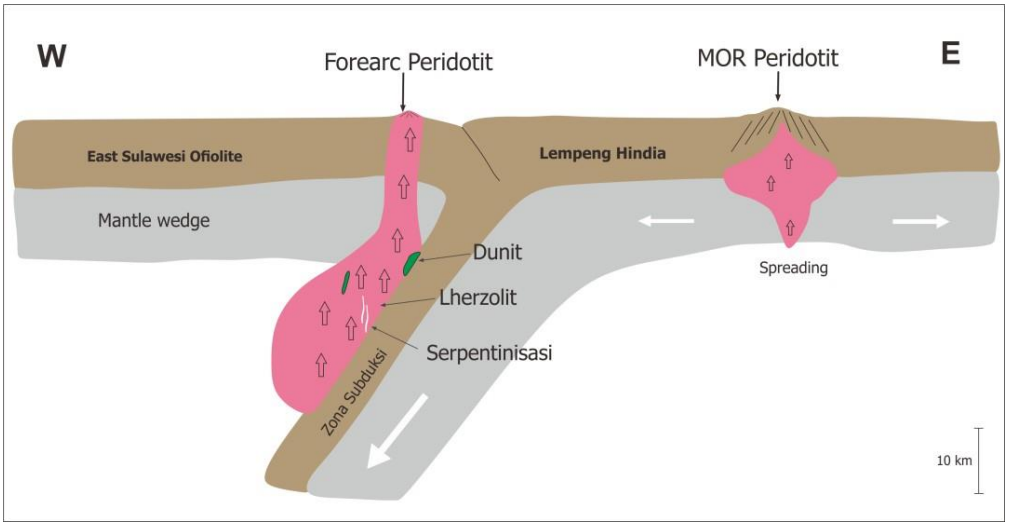
Skuen ofiolit merupakan suatu tatanan batuan atau kelompok batuan suatu daerah yang memiliki kompleksitas jenis batuan yang disebabkan oleh faktor tektonisme. Berdasarkan analisis lingkungan tektonik batuan K rendah yang berdasarkan plot berada pada lingkungan CAB-Boninites yang merupakan salah satu zona terbentuknya sikuen batuan ofiolit penyusun lapisan batuan kerak samudera. Permodelan penampang sikuen ofiolit berdasarkan plot data geokimia dan seri batuan saat pemetaan geologi (Gambar 48).



Gambar 48. Skuen Ofiolit Daerah Penelitian

Kehadiran beberapa jenis mineral olivin seperti forsterit dan fayalit beserta hadirnya kromit-spinel mengidentifikasikan bahwa daerah peneilitian berada pada mantel peridotit bagian bawah dan dilengkapi oleh mineral serpentin yang menggantikan olivin dan piroksen digunakan untuk mengetahui proses yang terjadi selama serpentinisasi dan lingkungan tektonik penciri perubahan temperatur dan asosiasinya dengan jenis mineral serpentin yang terbentuk.

Pada zona ofiolit daerah penelitian terdapat batuan dunit, lherzolit dan lherzolit terserpentinisasi sehingga skuen ofiolit masuk kedalam mantel premitif atau mantel atas peridotit. Pertemuan antara lempeng *East Sulawesi Ofiolite* (ESO) dengan lempeng Hindia pada Miosen berada di lingkungan samudra sehingga terjadi proses subduksi yang mengakibatkan terbentuknya *Forearc* Peridotit memicu terbentuk nya mineral serpentine akibat proses hidrotermal berlangsung (Gambar 49). Proses subduksi berlangsung menyebabkan lempeng hindia bagian timur menjauh (*Spriding*), proses tersebut didukung oleh analisis geokimia diagram Al_2O_3 vs CaO dan Mg/Si vs Al/Si dilihat pada (Gambar 48).



Gambar 49. Lingkungan Tektonik

5.3 Asosiasi Peridotit Terhadap Nikel Laterit

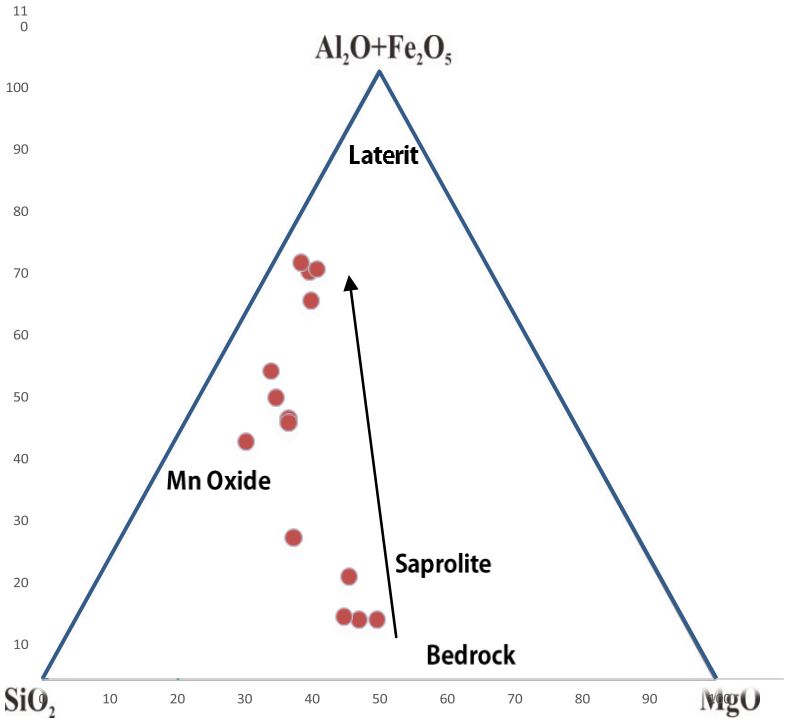
5.3.1 Geokimia Laterit

Profil laterit hasil dari data pengeboran pada kode bor BIII/C2-1/1 dengan kedalaman lubang bor 12,3 meter, berdasarkan analisis profil laterit unsur Fe ini akan terurai sehingga akan terakumulasikan diatas permukaan atau berada pada zona topsoil dan zona tanah limonit (L). Kandungan unsur Mg, Si, dan Ni yang bersifat mudah bergerak/*mobile*. sehingga terjadi pengkayaan unsur Ni pada zona saprolit (S) sebagai berkembangnya endapan nikel laterit.

Tabel 13. Data Geokimia (w%) pada pemboran C2-1/1

fr	to	litho	Ni	Si	Mg	Fe	Al	Ca
0	1	L	1.02	10.1	3.1	32.31	4.2	0.2
1	2	L	1.33	9.7	3.5	32.42	4.5	0.3
2	3	L	1.62	10.2	2.0	32.84	4.1	0.1
3	4	S	1.58	15.9	7.5	19.7	3.4	0.7
4	5	S	2.27	15.6	5.6	21.73	3.0	0.6
5	6	S	2.49	15.5	4.2	25.84	2.2	0.2
6	7	S	2.21	11.3	4.4	35.01	1.0	0.1
7	8	S	1.5	18.9	5.3	20.47	1.1	0.1
8	9	S	2.59	16.7	7.9	22.65	1.6	0.3
9	9.3	S	2.24	21.6	14.0	12.69	1.5	0.4
9.3	10	BD	0.37	20.8	23.6	5.15	0.8	0.3
10	11	BD	0.36	19.6	24.9	5.28	0.7	0.2
11	12	BD	0.76	18.7	19.4	8.52	1.2	0.3
12	12.3	BD	0.28	20.4	20.8	5.05	0.8	0.3

Dari hasil geokimia unsur minor pada (Tabel 14) maka dilakukan analisis kelimapahan laterit dengan menggunakan profil laterit unsur minor yaitu Ni, Si, Mg, Fe, Al, Ca pada kedalaman lubang bor 12,3 meter. Berdasarkan analisis kelimpahan laterit pada diagram SiO2 vs Al2O3+MgO menunjukan grafik peningkatan kenaikan unsur paa zona *bedrock* ke zona limonit yang dipengaruh oleh proses pelapukan ditunjukan adanya mineral Mn Oxide (Gambar 50).



Gambar 50. diagram SiO2 vs Al2O3+Fe_2O_3 vs MgO

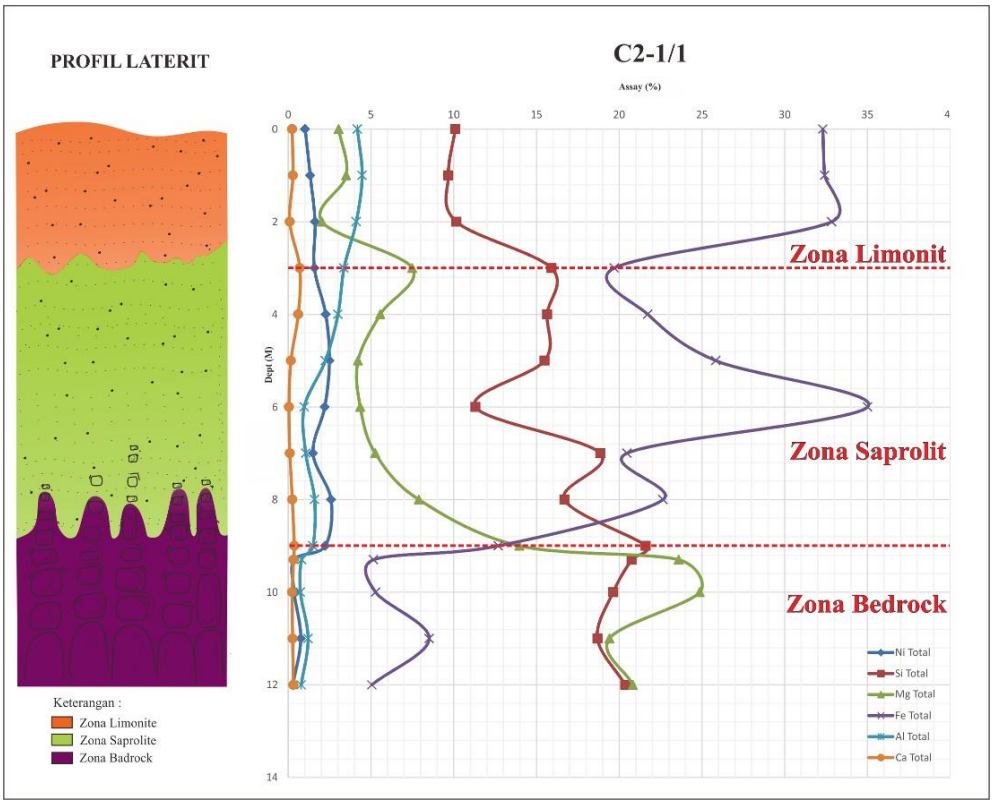
Pada analisis diagram SiO_2 vs Al_2O_3+Fe_2O_3 vs MgO pada senyawa SiO_2 dan MgO menurun ke arah zona bedrock, dan kadar unsur unsur minor seperti Cr, Mn, Co, Fe akan meningkat ke arah atas profil endapan nikel laterit pada zona limonit identifikasi adanya mineral mangan oxide, sedangkan Ni pengayaan terjadi di zona saprolit.

5.3.2 Profil Laterit

Pada zona limonit kelimpahan Fe melimpah, karen unsur yang Fe *immobile* yang tidak mudah mengalami pencucian dan bertahan di zona limonit. Pengayaan Fe melimpah jika berada di morfologi datar atau plateu sehinggaakumulasi Fe yang tinggi akan mempercepat pencucian unsur seperti Si dan Mg sehingga unsur *immobile* seperti Fe akan lebih terkayakan dengan kelimpahan Fe berkisaran 32.31-32.84%.

Pada zona saprolite terjadi pengayaan Ni memiliki kelimpahan rata-rata sekitar 1,5-2,59% saja. Kelimpahan unsur Nisemakin menurun ke arah zona *bedrock* dengan rata-rata Ni 0.28-0,76 %, akan tetapi pada zona limonit kembali terjadi penurunan kelimpahan Ni menjadi hanyasekitar 1,02-1.62%. pada zona tersebut ditemukan mineral mangan oksida. Kelimpahan Ni pada zona saprolit ini masuk ke dalamgolongan medium grade, namun ketebalan zona saprolit di lokasi penelitiankurang begitu tebal yaitu hanya berkisar antara 7 meter saja membuat Ni dilokasi penelitian sangat ekonomis untuk di tambang. Ni biasanya terkonsentrasipada zona transisi yang berada di bagian bawah zona limonit dan di bagian ataszona saprolit, hal ini dikarenakan unsur Ni merupakan unsur yang semi mobilesehingga banyak terpresipitasi pada zona transisi (**Gambar 51**).

Zona *bedrock* sebagai batuan dasar pembentukan nikel laterit, dengan komposisi mineral dominal terhadap olivin dan piroksen sebagai pembentukan nikel hasil dari akumulasi unsur Mg dan Si. Nikel memiliki mobilitas sedang dan terlarut bergabung dengan serpentin. Magnesium juga sangat tereduksi pada seluruh komponen serpentinit karena Mg mempunyai mobilitas lebih tinggi dibandingkan Ni.



Gambar 51. Profil Laterit