

## BAB V

### PENGAYAAN BIJIH BESI PADA LATERIT SERPENTINIT

Bijih besi pada daerah penelitian terdapat pada zona laterit. Laterit pada daerah penelitian terbentuk pada morfologi yang relatif datar (gambar 28). Lapisan yang terdapat pada permukaan daerah penelitian berupa limonit dengan warna coklat gelap kemerahan, ukuran butir halus hingga kerikil, kemagnetan lemah-sedang, dan tingkat pelapukan tinggi.



**Gambar 28.** Kenampakan Laterit Daerah Penelitian dengan Azimut Foto N 325<sup>0</sup> E

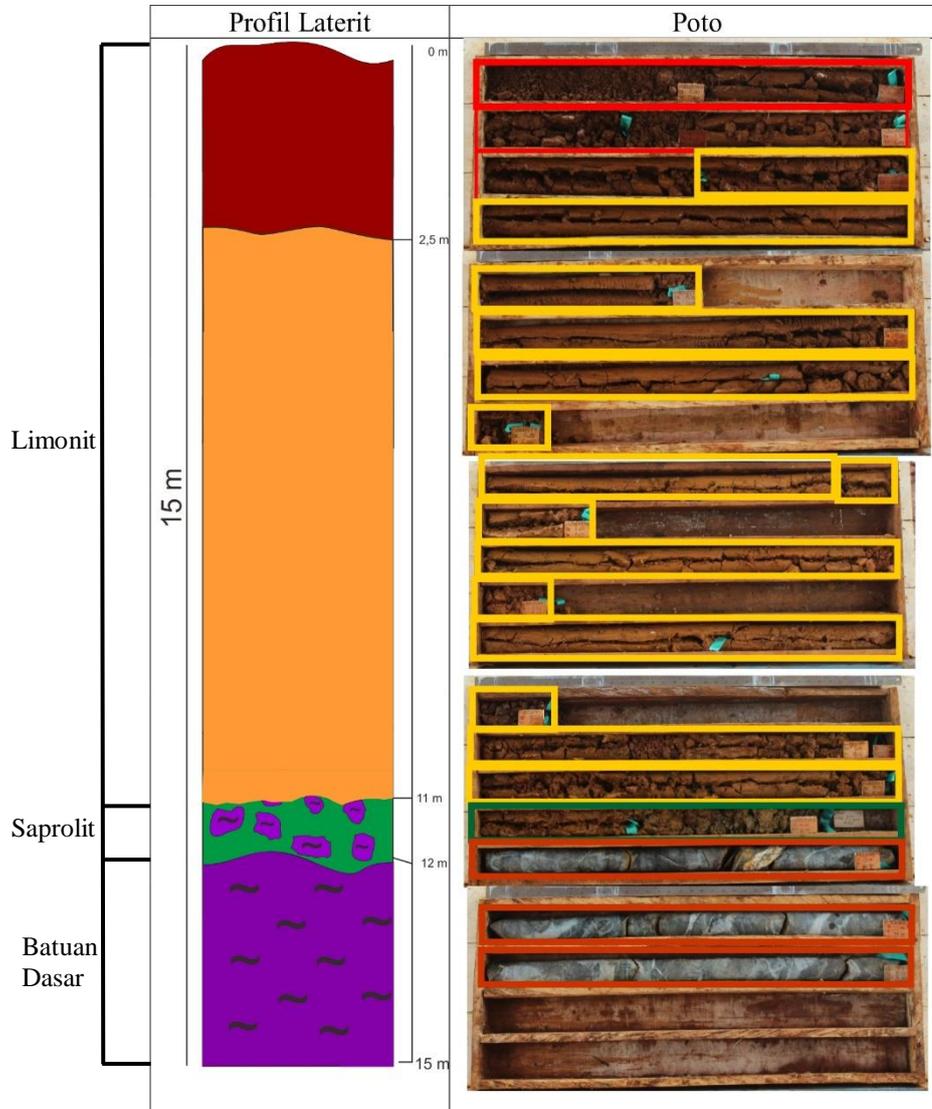
Laterit memiliki tiga lapisan, yaitu saprolit, limonit, dan batuan dasar. Untuk mengetahui pengayaan bijih besi pada laterit perlu diketahui karakteristik fisik laterit berupa tebal laterit, lapisan laterit, dan deskripsi dari laterit dalam bentuk profil laterit. Selain itu, perlu diketahui batuan sumber laterit dan geokimia laterit. Sampel yang digunakan untuk mendapatkan data-data tersebut yaitu sampel hasil pengeboran.

#### 5.1 Profil Laterit

Pada penelitian ini menggunakan data sampel bor laterit vertikal di daerah penelitian untuk mengetahui tebal lateritnya. Satu data sumur bor digunakan yang dianggap mewakili satu kavling daerah penelitian dengan kode CS8220477T pada daerah yang belum ditambang. Sampel bor telah dideskripsi secara megaskopis oleh peneliti dibawah pengawasan geologist PT. SILO. Sampel bor yang diambil dimulai dari permukaan hingga ditemukannya batuan dasar yaitu sedalam 15 meter. Sampel bor dibagi menjadi 21 sampel berdasarkan jenis lapisan laterit, ukuran butir, dan meralnya.

Profil laterit data bor di daerah penelitian dibagi menjadi tiga lapisan, yaitu limonit, saprolit, dan batuan dasar. Pada gambar 29 limonit terbagi menjadi dua,

limonit merah yang berwarna merah gelap dan limonit kuning berwarna kuning. Untuk saprolit berwarna hijau dengan sedikit pecahan-pecahan batuan dasar berwarna ungu. Sedangkan untuk batuan dasar ditunjukkan dengan warna ungu. Pembagian ini mengacu pada profil laterit Elias (2005) (gambar 29).



**Gambar 29.** Profil Laterit dan Foto Sampel

### 1. Limonit

Lapisan limonit memiliki ketebalan 11 meter. Berdasarkan kenampakan fisiknya, lapisan ini terbagi menjadi dua yaitu limonit merah dan limonit kuning. Limonit merah berwarna coklat tua kemerahan, tidak kompak, ukuran butir lempung-kerikil, kemagnetan sedang, tingkat pelapukan tinggi, tekstur batuan asal tidak ditemukan, ketebalan 2,5 meter, komposisi hematit, magnetit, dan limonit. Sedangkan limonit kuning berwarna kuning kecokelatan, ukuran butir lempung-

lanau, tidak kompak, kemagnetan sedang, tingkat pelapukan tinggi, tekstur batuan asal tidak ditemukan, ketebalan 8,5 meter, komposisi limonit, magnetit, dan goetit.

## 2. Saprolit

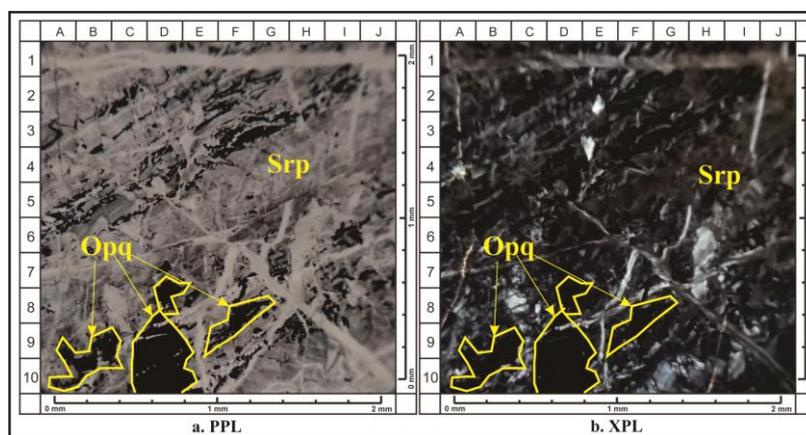
Lapisan saprolit memiliki ketebalan 1 meter. Lapisan saprolit merupakan zona hancuran dari batuan asal, sehingga masih ditemukannya tekstur dari batuan asal. Lapisan saprolit berwarna coklat kekuningan hingga hijau, ukuran butir pasir hingga bongkah, kemagnetan rendah, tingkat pelapukan rendah-sedang, masih ada tekstur batuan asal, komposisi serpentin, magnetit, dan limonit.

## 3. Batuan Dasar (Serpentinit)

Batuan dasar berupa batuan ultramafik yang telah mengalami serpentinisasi menjadi serpentinit. Memiliki warna abu-abu gelap (segar), kecokelatan (lapuk), tingkat pelapukan tidak ada hingga rendah, ukuran Kristal afanitik, struktur non foliasi, kemagnetan rendah, komposisi serpentin dan magnetit.

## 5.2 Petrografi Batuan Dasar

Sampel bor batuan dasar berupa serpentinit dilakukan analisis petrografi dengan kode sampel S.bor. Secara megaskopis serpentinit memiliki warna abu-abu gelap (segar), kecokelatan (lapuk), tingkat pelapukan tidak ada hingga rendah, ukuran Kristal afanitik, struktur non foliasi, kemagnetan rendah, komposisi serpentin dan magnetit. Secara mikroskopis, pada pengamatan sampel dilakukan dengan perbesaran okuler 10x dan perbesaran objektif 5x. Pada sayatan, batuan disusun oleh mineral serpentin 90% (srp) dan mineral opak berupa magnetit 10% (opq). Mineral serpentin terdapat mulai dari A1 hingga J10, dan mineral opak terdapat di D8, A9-B10, D8-E10, dan F8-F9. Berdasarkan komposisi mineral tersebut, batuan dinamakan serpentinit (gambar 30).



**Gambar 30.** a) Sayatan PPL dan b) Sayatan XPL

### 5.3 Geokimia Senyawa Oksida (Unsur Mayor) dan Unsur Minor

Untuk mengetahui senyawa oksida dan unsur minor, dilakukan analisis geokimia berupa XRF dengan satuan persen (wt %). Dalam penelitian ini, dilakukan analisis geokimia pada satu sumur bor, yakni dari lapisan limonit, saprolit, hingga batuan dasar. Analisis XRF menyajikan data hasil berupa kadar senyawa oksida (unsur mayor), unsur minor, dan pengotor (*LOI*).

Unsur mayor adalah unsur yang sering ditemukan. Unsur mayor yaitu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MnO, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, dan TiO<sub>2</sub>. Rlim menunjukkan tipe litologi limonit merah, Ylim menunjukkan tipe litologi limonit kuning, sap menunjukkan tipe litologi saprolit, dan SPT menunjukkan batuan dasar berupa serpentinit (tabel 4).

**Tabel 4.** Unsur Mayor (wt %)

Tipe Litologi	Kedalaman (m)		Sampel Id	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	LOI
	Dari	Ke												
Rlim	0	1	BL001	54.1112	18.405	<0.01	0.267	0.72	2.406	0.125	<0.01	1.009	5.868	16.15
Rlim	1	1,35	BL002	54.9549	19.002	<0.01	0.237	0.867	2.089	0.129	<0.01	1.026	5.272	15.73
Rlim	1,35	2	BL003	32.2036	39.094	<0.01	0.188	0.784	0.955	0.138	0.041	1.41	2.367	22.496
Rlim	2	2,5	BL004	31.83	38.05	<0.01	0.17	1.12	2.09	0.12	<0.01	1.12	2.07	22.97
Ylim	2,5	3	BL005	56.3277	18.759	<0.01	0.39	0.811	2.275	0.129	<0.01	0.877	4.15	15.53
Ylim	3	4	BL006	55.4268	18.63	<0.01	0.415	0.99	2.278	0.131	<0.01	0.797	4.847	15.53
Ylim	4	5	BL007	51.3942	20.229	<0.01	0.584	0.963	2.125	0.126	<0.01	0.982	7.268	15.5
Ylim	5	5,56	BL008	58.2725	14.81	<0.01	0.885	1.009	3.049	0.129	<0.01	0.795	6.728	13.3
Ylim	5,56	6	BL009	61.6759	13.481	<0.01	0.773	1.066	3.133	0.128	<0.01	0.522	5.415	12.78
Ylim	6	6,72	BL010	64.1498	11.137	<0.01	1.207	1.002	3.599	0.13	<0.01	0.303	4.927	12.38
Ylim	6,72	7	BL011	66.6952	9.467	<0.01	0.988	1.128	3.363	0.131	<0.01	0.333	4.674	11.98
Ylim	7	8	BL012	59.9456	12.094	0.021	0.711	0.953	2.915	0.136	<0.01	0.512	9.807	11.64
Ylim	8	8,46	BL013	62.7627	9.909	<0.01	1.476	1.132	4.162	0.152	<0.01	0.328	7.609	11.24
Ylim	8,46	9	BL014	54.9549	13.066	0.022	2.098	0.891	2.603	0.125	<0.01	0.487	14.34	10.43
Ylim	9	10	BL015	54.2113	10.133	0.043	4.771	0.811	2.979	0.125	<0.01	0.439	15.168	10.24
Ylim	10	11	BL016	37.7949	10.319	0.378	6.353	0.583	1.64	0.156	<0.01	0.611	29.189	11.95
Sap	11	11,35	BL017	39.9256	9.628	0.138	8.473	0.666	2.437	0.12	<0.01	0.317	26.013	11.05
Sap	11,35	12	BL018	20.1487	6.886	3.405	19.995	0.363	1.098	0.114	<0.01	0.234	37.263	9.85
SPT	12	13	BL019	10.1816	4.011	3.822	31.113	0.139	0.274	0.134	<0.01	0.12	39.312	10.74
SPT	13	14	BL020	9.8098	4.049	4.052	30.988	0.145	0.3	0.141	<0.01	0.156	40.063	10.08
SPT	14	15	BL021	9.6811	1.876	5.866	30.812	0.151	0.284	0.16	<0.01	0.087	42.63	8.3

Unsur minor yaitu P, S, Ni, dan Co. Rlim menunjukkan tipe litologi limonit merah, Ylim menunjukkan tipe litologi limonit kuning, sap menunjukkan tipe litologi saprolit, dan SPT menunjukkan batuan dasar berupa serpentinit (tabel 5).

**Tabel 5.** Unsur Minor (wt %)

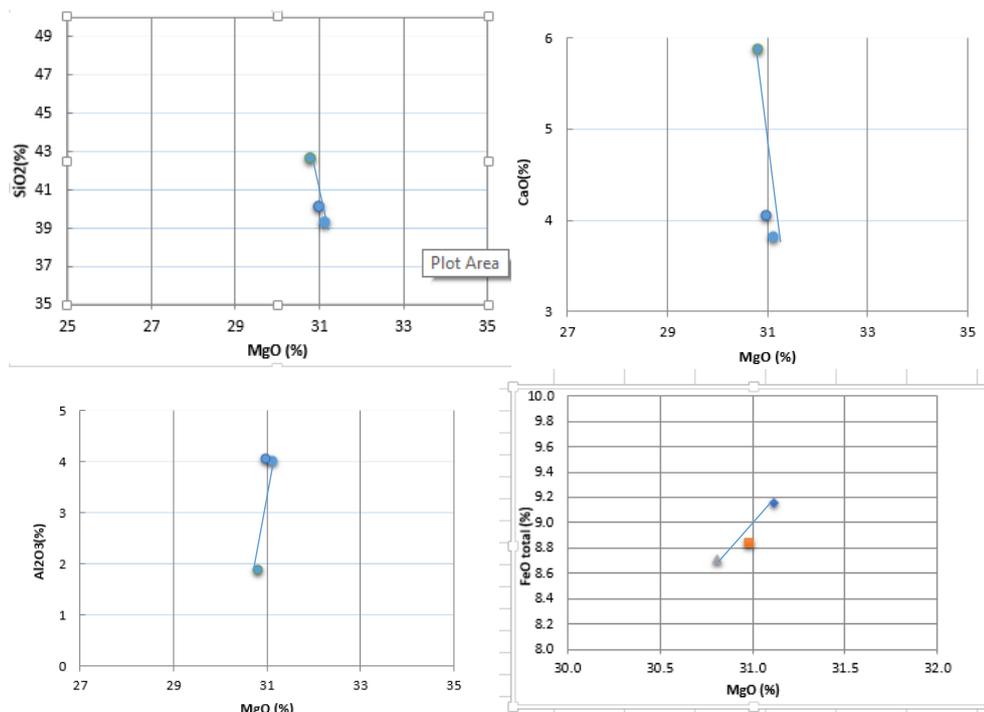
Tipe Litologi	Kedalaman (m)		Sampel Id	P	S	Ni	Co
	Dari	Ke					
Rlim	0	1	BL001	0.0383	<0.01	0.538	0.052
Rlim	1	1,35	BL002	0.02452	<0.01	0.413	0.065
Rlim	1,35	2	BL003	<0.01	<0.01	0.308	0.102
Rlim	2	2,5	BL004	<0.01	<0.01	0.29	0.13
Ylim	2,5	3	BL005	0.00961	<0.01	0.548	0.064
Ylim	3	4	BL006	0.00764	<0.01	0.619	0.084
Ylim	4	5	BL007	<0.005	<0.01	0.597	0.08
Ylim	5	5,56	BL008	0.00672	<0.01	0.722	0.083
Ylim	5,56	6	BL009	0.00902	<0.01	0.77	0.084
Ylim	6	6,72	BL010	<0.005	<0.01	0.869	0.077
Ylim	6,72	7	BL011	0.00716	<0.01	0.959	0.082
Ylim	7	8	BL012	<0.005	0.055	0.885	0.066
Ylim	8	8,46	BL013	0.00755	<0.01	0.84	0.083
Ylim	8,46	9	BL014	0.00631	<0.01	0.693	0.064
Ylim	9	10	BL015	0.00622	<0.01	0.797	0.067
Ylim	10	11	BL016	<0.005	<0.01	0.801	0.04
Sap	11	11,35	BL017	<0.005	<0.01	0.798	0.052
Sap	11,35	12	BL018	<0.005	<0.01	0.447	0.022
SPT	12	13	BL019	<0.005	<0.01	0.162	<0.01
SPT	13	14	BL020	<0.005	<0.01	0.141	<0.01
SPT	14	15	BL021	<0.005	<0.01	0.133	<0.01

Unsur atau senyawa kimia pada batuan berkaitan dengan mineral-mineral penyusun suatu batuan. Laterit merupakan lapukan dari batuan dasar, sehingga unsur atau senyawa kimia pada laterit tidak jauh berbeda dengan batuan dasarnya, hanya kadarnya saja yang berbeda di setiap lapisan. Perbedaan ini dipengaruhi oleh mobilisasi suatu unsur atau senyawa selama proses pelapukan. Dari data di atas, menunjukkan beberapa unsur atau senyawa yang mengalami penurunan dari zona limonit ke batuan dasar, yaitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{TiO}_2$ . Ini menunjukkan mobilisasi unsur atau senyawa tersebut buruk (*non mobile*). Untuk MnO dan Ni mengalami peningkatan di zona limonit bawah dan zona saprolit, kemudian turun lagi ketika menuju batuan dasar. Ini menunjukkan mobilisasi unsur atau senyawa tersebut sedang (*semi mobile*). Sedangkan CaO, MgO, dan  $\text{SiO}_2$  mengalami peningkatan dari zona limonit ke batuan dasar, yang menunjukkan mobilisasi unsur atau senyawa tersebut baik (*mobile*).

Pada batuan dasar, berdasarkan diagram harker unsur mayor memperlihatkan hasil yang cukup khas yaitu kandungan  $\text{SiO}_2$  yang rendah (39-42%), MgO yang tinggi (30-31%), dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang rendah (1-4%). Mengacu pada Hartono dkk.

(2009) di dalam Triwidiyanto, (2016), hasil yang khas ini menunjukkan bahwa batuan ini terbentuk langsung dari magma yang berasal dari mantel bagian atas.

Tingginya MgO pada batuan dasar ini menunjukkan bahwa batuan ini disusun oleh mineral olivin dan piroksen. Kandungan CaO pada batuan ini rendah yaitu sekitar 4-6% yang menunjukkan kandungan klinopiroksen pada batuan dasar yang rendah. Kandungan  $Al_2O_3$  yang juga rendah yaitu sekitar 2-4% yang menunjukkan kandungan ortopiroksen pada batuan dasar cukup rendah (gambar 31). Mengacu pada Hartono dkk. (2009) di dalam Triwidiyanto, (2016), berdasarkan data-data tersebut dapat diinterpretasikan batuan dasar tersebut memiliki protolit berupa peridotit.



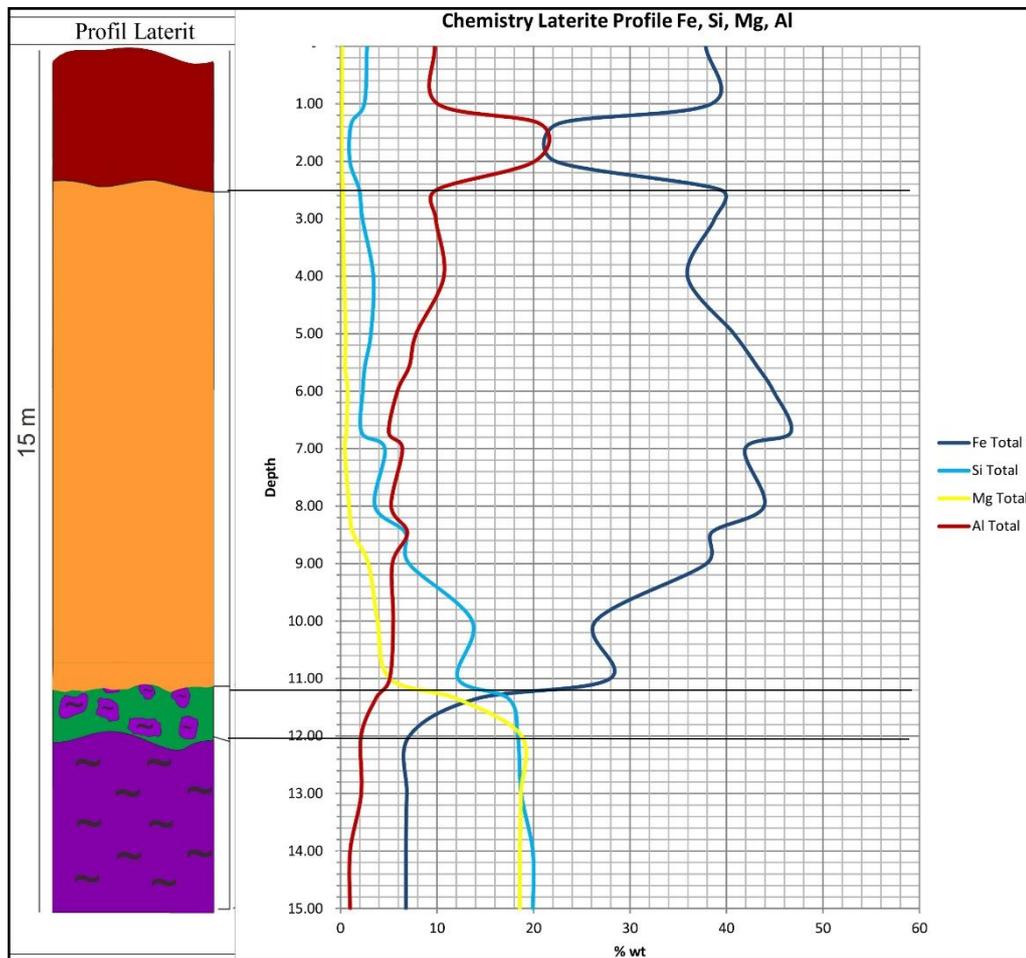
**Gambar 31.** Diagram Harker MgO vs SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan FeO

Pada diagram harker (gambar 31), unsur SiO<sub>2</sub> dan CaO memberikan trend negatif terhadap unsur MgO. Sedangkan unsur Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memberikan trend positif terhadap unsur MgO sehingga dapat diinterpretasikan bahwa mineral utama batuan ini olivin dan ortopiroksen.

#### 5.4 Pengayaan Bijih Besi Laterit

Pengayaan bijih besi laterit dapat dilihat dari konsentrasi Fe tertinggi pada lapisan laterit. Hasil analisis XRF hanya menampilkan kadar dari senyawa oksida, sehingga untuk mengetahui kadar unsur dari senyawa oksida tersebut perlu

dilakukan normalisasi. Berikut beberapa senyawa oksida yang telah dinormalisasikan serta dikaitkan dengan profil laterit (gambar 32).

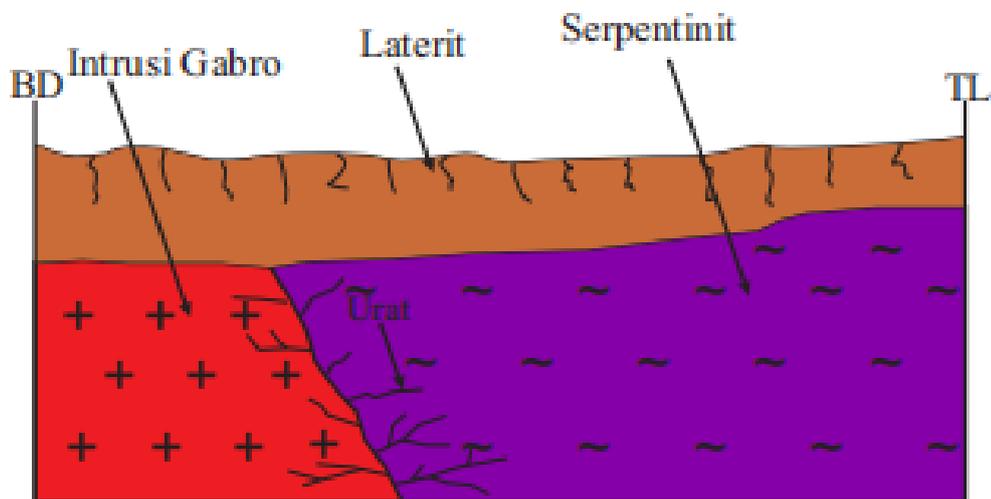


**Gambar 32.** Perbandingan Fe, Si, Mg, dan Al

Pada gambar di atas, terlihat konsentrasi Fe (warna biru tua) tertinggi berada di zona limonit sebesar 22-46% dengan kedalaman 0-11 meter. Semakin menuju saprolit dan batuan dasar konsentrasinya semakin menurun. Konsentrasi Fe yang tinggi di zona limonit ini disebabkan oleh unsur Fe yang bersifat non *mobile*. Ketika proses pencucian oleh air meteorik maupun air tanah, unsur Fe tidak tercuci dengan baik sehingga terjadi penumpukan unsur Fe di zona limonit yang akhirnya terjadi pengayaan besi pada zona limonit ini. Ketika besi mengalami penurunan, terjadi peningkatan pada unsur-unsur lain seperti Si dan Mg. Ini menunjukkan bahwa unsur Si dan Mg merupakan unsur yang *mobile*. Disekitar kedalaman 11 meter yakni batas antara lapisan limonit dan saprolit terlihat perpotongan antara Fe dan Si (warna biru muda), ini menunjukkan bahwa

peralihan dari zona limonit ke zona saprolit dapat ditandai dengan perpotongan antara unsur Fe dengan Si.

Pengayaan bijih besi laterit diawali dengan bijih besi yang dibawa oleh mineral olivin dan piroksen dalam bentuk batuan peridotit dari mantel bagian atas. Kemudian bijih besi mengalami peningkatan jumlah ketika batuan peridotit ini mengalami serpentinisasi dan berubah menjadi serpentinit. Di daerah penelitian, batuan serpentinit diintrusi oleh batuan gabro sehingga terjadi kenaikan suhu dan terjadi proses serpentinisasi tingkat lanjut pada batuan serpentinit. Saat proses serpentinisasi ini, rekahan-rekahan akan diisi oleh besi dan mineral serpentin sehingga membentuk veinlet-veinlet serpentin dan magnetit (gambar 33).



**Gambar 33.** Keterbentukan Urat Serpentin dan Magnetit

Ketika tersingkap, batuan serpentinit di daerah penelitian mengalami pelapukan dengan unsur yang non *mobile* akan terendapkan di laterit bagian atas dan unsur yang *mobile* akan ikut terbawa air ke laterit bagian bawah ketika proses pencucian atau pelindian. Besi yang merupakan unsur non *mobile* terendapkan di laterit bagian atas yaitu limonit dengan ketebalan 10 meter. Unsur-unsur semi mobile dan mobile terendapkan di laterit bagian bawah yaitu saprolit di kedalaman 11 meter dengan tebal 1 meter. Karena laterit yang cukup tebal dilokasi penelitian menyebabkan sulit ditemukannya singkapan dan dari sumur bor ditemukan batuan yang segar di kedalaman 12 meter.

Dengan potensi kandungan bijih besi yang cukup besar dan volume lateritnya yang cukup tebal membuat daerah penelitian yang belum ditambang cukup layak untuk dilakukan kegiatan penambangan biji besi laterit.