

PENGAMATAN UNSUR GEOKIMIA BATUAN ULTRAMAFIK DI DAERAH PERTAMBANGAN PT. BINTANG DELAPAN MINERAL

Jance Murdjani Supit⁽¹⁾ dan Muhammad Amril Asy'ari⁽²⁾

⁽¹⁾ Jurusan Teknik, FMIPA Universitas Negeri Papua

⁽¹⁾ Program Studi Teknik Pertambangan Politeknik Negeri Banjarmasin

Abstract

The research is dealing with weathering and geochemistry behavior of ultramafic rock element. This study consists of field work and laboratory analysis. The aim of research is to understand the grade of weathering, and geochemistry behavior of element during weathering in Bahodopi, Morowali Regency, Central Sulawesi. Red limonite, yellow limonite, and saprolite are the weathering product of ultramafic rock (peridotite). Weathering index calculation indicates the weathering grade increasing with the depth decreasing (from 12 metres to 0 metre or from bedrock to red limonite). The mass balance calculation indicates the addition of Ni grade increases up to 315% (10.054 kg/m³), Fe = 286% (180.765 kg/m³), Co = 243% (986 kg/m³), Al = 340% (8,923 kg/m³), Cr = 144% (1,303 kg/m³), whereas Mg grade decrease up to 99% (158 kg/m³), Si also has 99% (188 kg/m³).

Keywords : *Weathering, geochemistry behavior, ultramafic rock*

1. PENDAHULUAN

Bahodopi merupakan salah satu daerah di Kabupaten Morowali yang potensial akan bahan galian nikel laterit yang berasal dari pelapukan batuan ultramafik. Menurut Golightly (1979) endapan nikel laterit dihasilkan dari proses pelapukan batuan ultramafik yang kaya akan mineral olivin dengan kandungan nikel 0,3-0,4%. Batuan ultramafik daerah Bahodopi diperkirakan berumur kapur (simanjuntak dkk, 1993). Batuan tersebut tersingkap di permukaan dan mengalami pelapukan yang intensif, ini ditunjukkan dengan bervariasinya ketebalan (3-30 m) dan kadar unsur-unsur yang terbentuk pada endapan laterit yang dihasilkan. Memperhatikan kondisi tersebut maka perlu dilakukan studi tentang pelapukan dan perilaku geokimia unsur batuan ultramafik di daerah Bahodopi.

Pelapukan adalah proses perubahan fisik dan kimia pada batuan atau mineral yang berlangsung di atau dekat permukaan bumi (Waheed, 2002). Pelapukan kimia yang mengakibatkan pengayaan sekunder pada unsur-unsur tertentu dan menghasilkan endapan yang ekonomis seperti nikel, disebut lateritisasi (Waheed, 2002). Lateritisasi meningkatkan kandungan nikel hingga 30 kali dari batuan asalnya. Asal endapan nikel laterit adalah batuan ultramafik yang tersusun oleh mineral olivin, piroksen, dan serpentin yang merupakan mineral-mineral dengan stabilitas rendah dan rentan terhadap pelapukan kimia. Menurut Gleeson dkk, 2003 lateritisasi terjadi pada daerah tropis hingga sub

tropis basah karena pada iklim tersebut proses pelapukan berlangsung dengan intensif terutama pelapukan kimia.

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan yang dapat dibahas adalah tentang pelapukan kimia yang menghasilkan endapan nikel laterit (lateritisasi) dan perilaku geokimia selama proses pelapukan tersebut berlangsung pada batuan ultramafik. Dari identifikasi permasalahan diatas dapat dirumuskan masalah: (1). Bagaimana tingkat pelapukan kimia di daerah penelitian? (2). Bagaimana perilaku geokimia unsur selama proses pelapukan terjadi.

Tujuan penelitian ini adalah: (1). Menjelaskan tingkat pelapukan kimia di daerah penelitian. (2). Menjelaskan tentang perilaku geokimia unsur selama proses pelapukan.

Lingkup kajian dari penelitian ini dibatasi pada indeks pelapukan kimia, perubahan densitas selama terjadinya pelapukan, perilaku geokimia unsur, dan perubahan massa yang terjadi selama proses pelapukan di daerah penelitian.

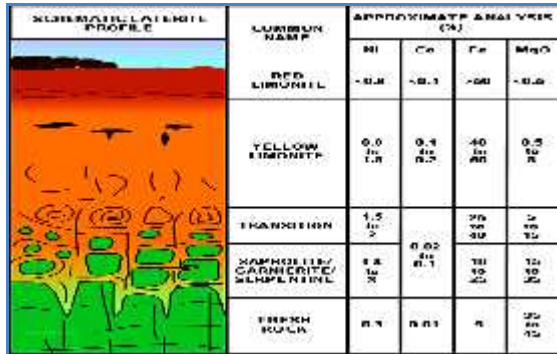
Hasil yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu: (1). Mengetahui tingkat pelapukan kimia pelapukan dan perubahan densitas. (2). Mengetahui perilaku geokimia unsur dan perubahan keseimbangan massa batuan ultramafik selama pelapukan di daerah penelitian.

2. FUNDAMENTAL

Menurut Waheed (2002) pelapukan pada batuan ultramafik dapat terjadi secara fisik maupun kimia. Pelapukan fisik merupakan proses

dimana batuan menjadi pecah-pecah karena proses mekanis yang dialami, namun proses ini tidak mengubah komposisi kimia dari batuan ultramafik. Pelapukan kimia merupakan proses dimana batuan bereaksi dengan agen-agen atmosfer, agen hidrosfir, dan aktifitas biologi untuk membentuk fase yang lebih stabil

Menurut Elias (2003) profil ideal endapan laterit yang merupakan hasil pelapukan batuan ultramafik dapat dibagi menjadi 5 zona berdasarkan komposisi kimianya (Gambar 1).



Gambar 1. Zonasi vertical endapan laterit berdasarkan komposisi kimia pada tiap zonanya (Elias, 2003)

Menurut Gerrard (1992) dalam Jworchan (2006) indeks pelapukan kimia dapat ditentukan dengan menggunakan *Silica-sesquioxide ratio* dengan rumus sebagai berikut:

$$SSR = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3) \quad (1)$$

Sedangkan menurut Pelletier, (1996) rasio Fe_2O_3 dengan MgO dapat dijadikan sebagai indikator pelapukan yang dirumuskan sebagai :

$$WI = Fe_2O_3 / MgO \quad (2)$$

Perubahan kesetimbangan massa adalah menghitung perubahan yang terjadi baik penambahan maupun pengurangan pada massa dan volume dari suatu batuan akibat adanya proses geologi seperti proses alterasi hidrotermal maupun proses pelapukan begitupun dengan perubahan konsentrasi atau kadar unsur. Penambahan dan pengurangan unsur-unsur kimia dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Brimhall and Dietrich 1986; Colin dkk. 1993 dalam Traore dkk, 2008).

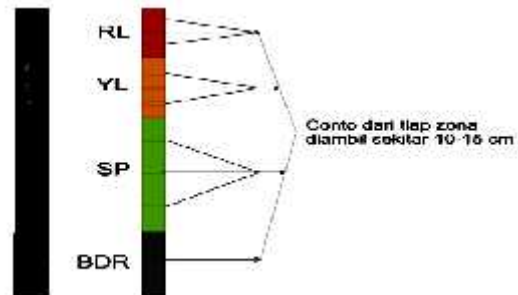
$$K_j = \left[\frac{C_p \times \rho_p}{C_r \times \rho_r} - 1 \right] \times 100 \quad (3)$$

$$m_{jw} = C_{jp} \times \rho_p \times V_p \times K_j \quad (4)$$

3. METODOLOGI BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: (1). *Sample* (contoh) bor 2F5357, yang berupa tanah laterit hasil pelapukan batuan ultramafik (peridotit) dari zona *red limonite* (RL), *yellow limonite* (YL) dan saprolit), serta

batuan peridotit yang menjadi batuan dasar (*bedrock*) pada daerah penelitian (Gambar 2). (2).aquadest. (3).*tissue*



Gambar 2. Metode *sampling* pada zona endapan laterit di daerah penelitian

Alat

Alat yang digunakan adalah peralatan uji densitas untuk tanah dan batuan.

Selain bahan dan alat diatas dalam melakukan analisis pada penelitian ini digunakan data sekunder berupa data konsentrasi komponen kimia endapan laterit, berasal dari pengujian dengan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang dilakukan oleh laboratorium kimia PT. Bintang Delapan Mineral (PT.BDM).

Prosedur pengujian

Densitas *sampel* tanah diuji dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1). timbang piknometer kosong. (2).masukkan tanah kering angin lolos ayakan $\varnothing 2mm \pm \frac{1}{4}$ volume piknometer, dan kemudian ditimbang. (3).tambahkan aquadest dalam pikno berisi tanah tadi sampai $\frac{2}{3}$ volume piknometer, aduk suspensi tersebut hingga udara yang ada dalam pori-pori hilang, kemudian diamkan selama 24 jam. (4).ukur suhu dalam suspensi. (5).tambahkan aquadest dalam piknometer sampai penuh kemudian ditutup dan bersihkan sisa air di luar pikno dengan *tissue* lalu ditimbang. (6).uang dan bersihkan sisa air dengan *tissue* dan ditimbang. (7).ukur suhu aquadestnya.

Densitas *sample* batuan diuji dengan langkah-langkas sebagai berikut: (1).isi gelas ukur dengan aquadest, catat tinggi muka aquadest pada gelas ukur (2).timbang seongkah batuan (\varnothing batuan lebih kecil dari diameter gelas ukur). (3) masukkan batuan dalam gelas ukur. (4). catat tinggi muka aquadest.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian densitas *bedrock* dan tanah lateritnya adalah seperti dalam tabel 1 berikut.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut terlihat bahwa densitas endapan laterit (RL, YL, dan SP) yang merupakan hasil pelapukan batuan dasar (BDR) lebih rendah dibandingkan dengan densitas batuan dasarnya. Hal ini me-

nunjukkan bahwa secara fisik (dan juga kimia) terjadi perubahan yang diakibatkan oleh pelapukan, material yang awalnya kompak dan keras kemudian menjadi material lepas dan lunak. Pada Tabel 1 densitas material uji berkurang seiring berkurangnya kedalaman, namun pada zona yang paling atas (RL) densitasnya lebih tinggi dari zona laterit yang ada di bawahnya ini disebabkan karena kandungan besi yang tinggi pada zona tersebut.

Tabel1. Hasil pengujian densitas sampel 2F5357

No	Kedalaman (m)	Zonasi	Densitas (gr/cm ³)
1	0 - 2	Red Limonit (RL)	1,35
2	2 - 3,7	Yellow Limonite (YL)	1,10
3	3,7 - 10,7	Saprolit (SP)	1,16
4	10,7 - 12	Bedrock (BDR)	2,11

Hasil pengujian konsentrasi unsur kimia endapan laterit adalah sebagai berikut dalam tabel 2. Tabel 2. Menunjukkan bahwa unsur kimia endapan laterit mengalami perubahan konsentrasi seiring dengan berkurangnya kedalaman, serta perubahan fisik dan kimia yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan dipengaruhi oleh pelapukan yang terjadi.

Tingkat pelapukan

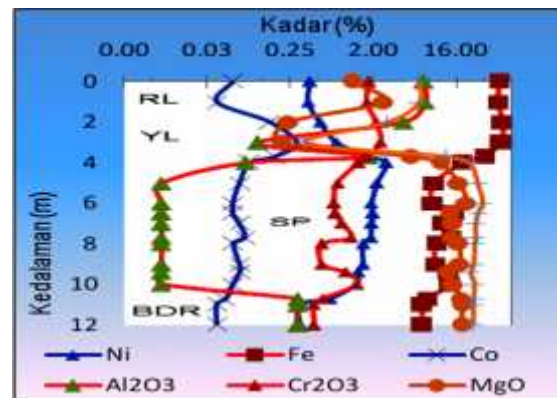
Hasil analisis tingkat pelapukan dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa tingkat pelapukan semakin tinggi seiring dengan berkurangnya kedalaman. Persamaan 1 menunjukkan nilai yang kecil untuk pelapukan tinggi, sedangkan persamaan 2 menunjukkan nilai yang besar untuk tingkat pelapukan tinggi.

Dalam tabel 3 menunjukkan, berdasarkan persamaan 1 (SSR) tingkat pelapukan tertinggi

ditunjukkan oleh nilai indeks pelapukan 0,08, dan tingkat pelapukan terendah (belum lapuk) ditunjukkan oleh nilai indeks pelapukan 2,44. Sedangkan pada persamaan 2 (WI) tingkat pelapukan tertinggi ditunjukkan oleh nilai indeks pelapukan 56,60, dan tingkat pelapukan terendah (belum lapuk) ditunjukkan oleh nilai indeks pelapukan 0,53. Nilai yang ditunjukkan oleh kedua persamaan ini berbeda karena komponen kimia yang digunakan untuk menganalisis tingkat pelapukan memiliki sifat yang berbeda. Pada persamaan 1 yang menjadi pengali adalah SiO₂ yang bersifat *mobile*, dan yang menjadi pembagi yaitu Al₂O₃ dan Fe₂O₃ yang bersifat *immobile*, sedangkan pada persamaan 2, yang menjadi pengali Fe₂O₃, dan yang menjadi pembagi MgO yang bersifat *mobile*.

Perilaku geokimia

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, dibuatlah profil geokimia untuk menganalisis perilaku dari unsur-unsur endapan laterit. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Profil geokimia conto bor 2F5357

Tabel 2. Hasil pengujian konsentrasi komponen endapan laterit dengan metode XRF

Titik Bor	Kedalaman (m)		Kadar unsur (%)							Zonasi
	Dari	Ke	Ni	Fe	Co	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	
2F5357	0,00	1,00	0,41	46,74	0,06	7,06	1,78	1,18	6,15	RL
	1,00	2,00	0,39	45,57	0,04	7,33	1,70	2,60	6,36	RL
	2,00	3,00	0,53	51,37	0,15	4,29	2,15	0,24	2,86	YL
	3,00	3,70	0,80	48,75	0,30	0,11	2,40	0,20	0,37	YL
	3,70	4,00	1,78	32,37	0,17	1,76	1,67	5,25	12,40	SP
	4,00	5,00	2,75	18,33	0,09	0,08	1,37	10,71	22,57	SP
	5,00	6,00	2,19	9,27	0,07	0,01	0,82	16,87	27,53	SP
	6,00	6,50	1,90	8,92	0,06	0,01	0,75	20,55	30,78	SP
6,50	7,00	1,98	15,10	0,06	0,01	0,78	13,61	27,51	SP	
7,00	7,70	1,91	11,73	0,07	0,01	0,91	14,73	26,08	SP	
Titik Bor	Kedalaman (m)		Kadar unsur (%)							Zonasi
	Dari	Ke	Ni	Fe	Co	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	
	7,70	8,00	1,88	14,01	0,08	0,01	1,15	13,95	26,07	SP
	8,00	9,00	1,54	9,73	0,06	0,01	0,55	16,80	25,29	SP
	9,00	9,40	1,53	9,35	0,07	0,01	0,55	17,52	24,90	SP
	9,40	10,00	1,36	13,40	0,07	0,01	1,01	12,73	22,97	SP
	10,00	10,70	1,31	13,80	0,06	0,01	1,32	14,64	25,08	SP
	10,70	11,00	0,68	7,70	0,05	0,30	0,56	17,73	24,82	BDR
11,00	12,00	0,32	6,80	0,04	0,30	0,45	18,40	24,48	BDR	

(Sumber data: PT.BDM, 2010)

Tabel 3. Hasil analisis tingkat pelapukan pada conto bor 2F5357

Titik bor	Kedalaman (m)		Kadar senyawa (%)				Zonasi	Indeks pelapukan	
	Dari	Ke	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃		SSR	WI
2F5357	0,00	1,00	7,06	1,18	6,15	66,79	RL	0,08	56,60
	1,00	2,00	7,33	2,60	6,36	65,12	RL	0,09	25,05
	2,00	3,00	4,29	0,24	2,86	73,41	YL	0,04	305,87
	3,00	3,70	0,11	0,20	0,37	69,66	YL	0,01	348,32
	3,70	4,00	1,76	5,25	12,40	46,26	SP	0,26	8,81
	4,00	5,00	0,08	10,71	22,57	26,19	SP	0,86	2,45
	5,00	6,00	0,01	16,87	27,53	13,24	SP	2,08	0,78
	6,00	6,50	0,01	20,55	30,78	12,75	SP	2,41	0,62
	6,50	7,00	0,01	13,61	27,51	21,58	SP	1,27	1,59
	7,00	7,70	0,01	14,73	26,08	16,76	SP	1,55	1,14
	7,70	8,00	0,01	13,95	26,07	20,02	SP	1,30	1,44
	8,00	9,00	0,01	16,80	25,29	13,90	SP	1,82	0,83
	9,00	9,40	0,01	17,52	24,90	13,36	SP	1,86	0,76
	9,40	10,00	0,01	12,73	22,97	19,15	SP	1,20	1,50
	10,00	10,70	0,01	14,64	25,08	19,72	SP	1,27	1,35
	10,70	11,00	0,30	17,73	24,82	11,00	BDR	2,20	0,62
	11,00	12,00	0,30	18,40	24,48	9,72	BDR	2,44	0,53

Mengacu pada Gambar 2 terlihat bahwa unsur-unsur endapan laterit dapat dikelompokkan berdasarkan perilakunya, yaitu:

1. Unsur-unsur yang mengalami pengayaan residual. Merupakan unsur-unsur yang bersifat *immobile*, mengalami penambahan konsentrasi dari konstrasi awalnya pada *bedrock* (BDR) serta terendapkan pada zona *red limonite* (RL), unsur-unsur ini terdiri dari Fe, Al₂O₃, dan Cr₂O₃.
2. Unsur-unsur yang mengalami pengayaan supergen. Merupakan unsur-unsur yang bersifat *mobile*, mengalami penambahan konsentrasi dari konstrasi awalnya pada *bedrock* (BDR) serta terendapkan pada zona saprolit (SP) dan *yellow limonite* (YL), unsur-unsur ini terdiri dari Ni dan Co.
3. Unsur-unsur yang mengalami *leaching*. Merupakan unsur-unsur yang bersifat *mobile*, mengalami pengurangan konsentarsi dari konstrasi awalnya pada *bedrock* (BDR), unsur-unsur ini terdiri dari MgO dan SiO₂.

Hubungan pelapukan dengan perilaku geokimia unsur endapan laterit

Perubahan fisik dan kimia yang terjadi akibat pelapukan pada batuan ultramafik menyebabkan unsur-unsur kimia batuan tersebar (terdispersi) dan terendapkan pada zona-zona laterit hasil pelapukannya (Gambar 4).

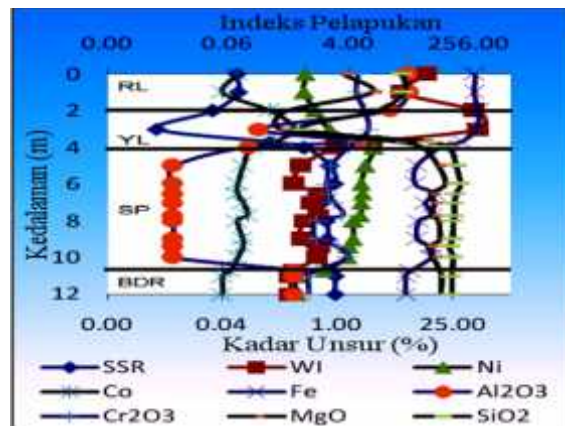
Gambar 4, menunjukkan bahwa semakin berkurang kedalaman, tingkat pelapukan semakin tinggi dan terjadi perubahan pada konsentrasi unsur-unsur endapan laterit dari konsentrasi awalnya pada *bedrock* (BDR). Perubahan konsentrasi terjadi karena setelah batuan ultramafik mengalami pelapukan, lingkungan geokimianya berubah sehingga unsur-unsur endapan laterit yang semula berada pada fase *immobile* terdispersi seiring dengan perubahan lingkungan geokimia menjadi fase *mobile*. Unsur - unsur

tersebut kemudian terendapkan kembali pada zona laterit hasil pelapukan yang mana kondisi lingkungan geokimia memungkinkan untuk terendapkan kembali (Rose dkk, 1979).

Perubahan konsentrasi unsur endapan laterit dapat berupa penambahan atau pengurangan terhadap konsentrasi awalnya. Penambahan atau pengurangan konsentrasi dapat dianalisis dengan perhitungan perubahan massa.

Perhitungan perubahan massa.

Penambahan atau pengurangan konsentrasi unsur endapan laterit pada zona, RL, YL, dan SP terhadap zona BDR dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 3 dan 4.

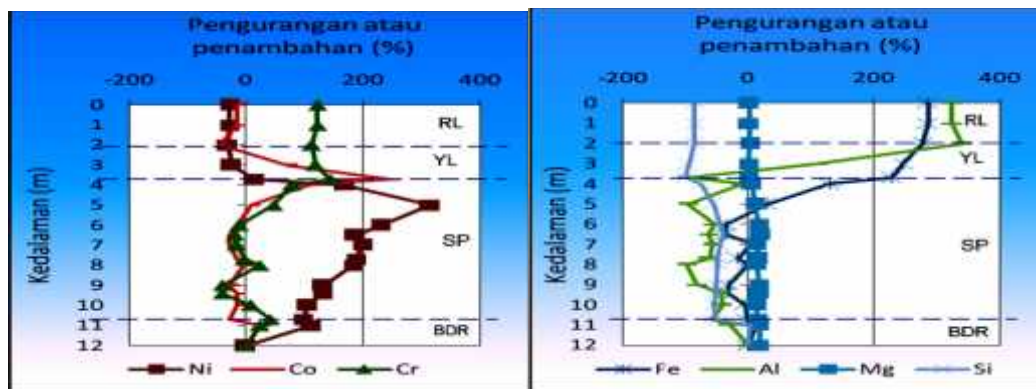


Gambar 4. Hubungan kedalaman dengan pelapukan dan kadar unsur endapan laterit.

Berdasarkan hasil perhitungan perubahan massa dari conto bor 2F5357 diperoleh hasil, yaitu: unsur Ni memiliki nilai K = 0,00 % demikian pula nilai m = 0,00 kg/m³ pada kedalaman 11 – 12 m (pada zona BDR), kemudian pada kedalaman 10,7 – 11 m nilai K = 112,50% dan m = 2.446,88 kg/m³, ini berarti unsur Ni mengalami penambahan yaitu sebesar 112,50 %

Tabel 4. Hasil perhitungan faktor kesetimbangan massa (K) dan transfer massa total (m) dari komponen geokimia selama pelapukan pada titik bor 2F5357

Kedalaman (m)		Zonasi	K (%)						
dari	ke		Ni	Fe	Co	Al	Cr	Mg	Si
0,00	1,00	RL	-27,96	286,48	-15,66	324,56	122,41	-96,39	-85,87
1,00	2,00	RL	-31,47	276,80	-43,77	340,80	112,41	-92,05	-85,39
2,00	3,00	YL	-24,12	246,10	71,81	110,21	118,89	-99,40	-94,65
3,00	3,70	YL	14,54	228,45	243,61	-94,61	144,35	-99,40	-99,31
3,70	4,00	SP	168,75	129,99	105,33	-9,06	79,30	-86,21	-75,53
4,00	5,00	SP	315,20	30,23	8,71	-95,87	47,09	-71,88	-55,46
5,00	6,00	SP	230,07	-34,16	-15,45	-54,01	-11,96	-55,70	-45,67
6,00	6,50	SP	186,86	-36,62	-27,53	-63,31	-19,48	-46,04	-39,25
6,50	7,00	SP	198,94	7,28	-27,53	-57,11	-16,26	-64,26	-45,71
7,00	7,70	SP	188,37	-16,66	-15,45	-62,28	-2,30	-61,32	-48,53
7,70	8,00	SP	183,84	-0,46	-3,37	-97,42	23,47	-63,37	-48,55
8,00	9,00	SP	132,51	-30,87	-27,53	-80,88	-40,95	-55,89	-50,09
9,00	9,40	SP	131,00	-33,57	-15,45	-42,13	-40,95	-54,00	-50,86
9,40	10,00	SP	105,33	-4,79	-15,45	-41,61	8,44	-66,57	-54,67
10,00	10,70	SP	97,78	-1,95	-27,53	-57,11	41,72	-61,56	-50,50
10,70	12,00	BDR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kedalaman (m)		Zonasi	m (kg/m ³)						
dari	ke		Ni	Fe	Co	Al	Cr	Mg	Si
0,00	1,00	RL	-154,75	180.765,50	-12,68	8.185,51	1.006,30	-926,06	-3.332,89
1,00	2,00	RL	-165,71	170.288,93	-23,64	8.923,71	882,60	-1.948,61	-3.427,34
2,00	3,00	YL	-140,62	139.065,65	145,41	1.688,96	961,94	-158,26	-1.391,93
3,00	3,70	YL	127,92	122.506,99	986,62	-37,18	1.303,67	-158,26	-188,94
3,70	4,00	SP	3.484,25	48.809,28	241,74	-56,94	525,53	-3.166,44	-5.078,48
4,00	5,00	SP	10.054,75	6.428,58	10,58	-27,40	256,01	-5.385,39	-6.787,13
5,00	6,00	SP	5.834,58	-3.672,22	-14,60	-171,72	-38,92	-6.573,99	-6.817,33
6,00	6,50	SP	4.118,45	-3.789,53	-22,30	-160,58	-57,97	-6.618,90	-6.551,56
6,50	7,00	SP	4.569,28	1.276,02	-22,30	-169,34	-50,32	-6.118,62	-6.818,26
7,00	7,70	SP	4.173,58	-2.266,73	-14,60	-162,41	-8,30	-6.319,09	-6.862,97
7,70	8,00	SP	4.009,25	-74,68	-3,64	-17,40	107,10	-6.184,35	-6.863,13
Kedalaman (m)		Zonasi	m (kg/m ³)						
dari	ke		Ni	Fe	Co	Al	Cr	Mg	Si
8,00	9,00	SP	2.367,16	-3.484,09	-22,30	-106,90	-89,38	-6.568,31	-6.868,90
9,00	9,40	SP	2.324,99	-3.640,85	-14,60	-168,55	-89,38	-6.618,10	-6.866,90
9,40	10,00	SP	1.661,74	-745,11	-14,60	-167,97	33,82	-5.928,77	-6.809,09
10,00	10,70	SP	1.485,93	-312,41	-22,30	-169,34	218,54	-6.304,68	-6.868,23
10,70	12,00	BDR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Gambar 5. Grafik hasil perhitungan kesetimbangan massa profil nikel laterit contoh bor 2F5357

% atau 2.446,88 kg dalam setiap m³ dari konsentrasi awalnya, demikian seterusnya hingga kedalaman 0 – 1 m, nilai K = -27, 96 % dan m = -154,75 kg/m³, ini berarti pada kedalaman 0 – 1 m mengalami pengurangan sebesar 27,96 % atau 154,75 kg tiap m³ (lihat Tabel 4).

Hasil analisis pada tabel 4 dapat digambarkan dalam grafik kesetimbangan massa untuk

menunjukkan penambahan atau pengurangan yang terjadi selama proses pelapukan berlangsung (Gambar 5).

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan

sebagai berikut:

1. Tingkat pelapukan batuan ultramafik pada daerah penelitian sangat intensif, hal ini ditunjukkan dari tebalnya endapan laterit hasil pelapukan batuan ultramafik (peridotit) yang mencapai 12 meter pada titik bor 2F5357, bahkan berdasarkan data hasil eksplorasi PT. BDM, ketebalan endapan laterit pada daerah penelitian ini mencapai 30 meter. Tingginya tingkat pelapukan dapat dihitung dengan persamaan SSR dan WI. Dari hasil perhitungan diketahui berdasarkan SSR, tingkat pelapukan yang tinggi ditunjukkan oleh nilai indeks yang kecil (0,08) sedangkan tingkat pelapukan yang rendah ditunjukkan oleh nilai indeks yang besar (2,44). Sebaliknya berdasarkan WI, tingkat pelapukan yang tinggi ditunjukkan oleh nilai indeks yang besar (56,60), sedangkan tingkat pelapukan yang rendah ditunjukkan oleh nilai indeks yang kecil (0,53).
2. Perubahan lingkungan geokimia sebagai akibat dari pelapukan menyebabkan unsur-unsur endapan laterit yang semula berada pada batuan ultramafik (peridotit) tersebar (terdispersi) sesuai dengan sifat masing-masing unsur dan terendapkan kembali pada zona endapan laterit hasil pelapukan. Berdasarkan mobilitas unsur, perilaku geokimia unsur endapan laterit dapat dikelompokkan menjadi: unsur yang mengalami pengayaan residual, seperti Fe, Al₂O₃, dan Cr₂O₃, karena bersifat *immobile*, unsur yang mengalami pengayaan supergen, seperti Ni, dan Co, karena bersifat *mobile* serta unsur yang mengalami *leaching*, seperti MgO, dan SiO₂, yang juga bersifat *mobile*.
3. Golightly, 1981, dalam penelitian tentang endapan laterit nikel-besi juga menunjukkan bahwa unsur Fe, Cr, dan Al mengalami pengayaan residual; unsur Ni, dan Co mengalami pengayaan supergen; unsur Mg, dan Si mengalami *leaching*,

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Elias, M., 2003, *Nickel laterite deposits – geological overview, resources and exploitation*. Special publication A. Mich Elias Association. CSA Australia Pty Ltd. 24 p.
2. Golightly, J. P., 1979, Nickeliferous Laterite: A general description, in Evans, D.J.I., Shoemaker, R.S and Veltman, H., eds., International laterite Symposium. *New York, Society of Mining Engineers*, pp 3-23.
3. Golightly, J. P., 1981, Nickeliferous Laterite Deposits, *Economics Geology 75th Anniversary Volume*, pp 710-735.
4. Jworchan I., 2006, *Minerology and chemical properties of residual soils*. IAEG2006 Paper number 2. The Geological Society of London.
5. Pelletier, B., 1996. *Serpentines In Nickel Silicate Ore from new Caledonia*, on nickel' 96 seminar proceedings, Kalgoorlie 197-205.
6. Rose, A.W, Hawkes H.E, Webb J.S, 1979. *Geochemistry in mineral exploration*. 2nd ed. Academic Press Inc. New York. 657 p
7. Traore D., Beauvais A., Chabaux F., Peiffert C., Parisot J.C., Ambrosi J.P., Colin F., 2008. Chemical and Physical Transfer in an Ultramafic Rock Weathering; Part 1. Supergene Dissolution of Pt-Bearing Chromite. *American Mineralogist*, volume 93, page 22-30.
8. Waheed, A., 2002. *Nickel Laterites-A Short Course : Chemistry, Mineralogy, and Formation of Nickel Laterites* (tidak dipublikasikan). 212 h.