

## Komposisi unsur surih dan major di sepanjang profil luluhawa syal Formasi Mahang di Sungai Merbok, Kedah

HABIBAH HJ JAMIL & WAN FUAD BIN WAN HASSAN

Program Geologi, Pusat Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor

**Abstrak:** Sebahagian besar daripada kawasan Sungai Merbok, Kedah terdiri daripada batuan Formasi Mahang. Unit batumannya terdiri daripada syal, sabak merah, sabak kelabu dan sabak hitam. Kajian mengenai taburan unsur-unsur surih dan major terhadap syal yang mengalami luluhawa telah dijalankan. Sampel profil luluhawa telah diambil pada potongan bukit di Ladang United Pillai. Komposisi unsur surih dan major di sepanjang profil luluhawa ditentukan menggunakan kaedah pendarfluor sinar-X (XRF). Unsur-unsur major dan surih mengalami pengkayaan dan pengurangan yang ketara pada dua kedalaman iaitu di sempadan tanah–lempung bersifat batuan (350 cm) dan lempung bersifat batuan–batuan segar (770–870 cm).  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{MgO}$  mengalami pengurangan di kedalaman 350 cm dan 770 cm manakala  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{MnO}$  mengalami pengkayaan. Ba, Ce dan Pb mengalami pengkayaan pada kedalaman 350 cm dan 870 cm. Cr dan Cu mengalami pengkayaan di kedalaman 350 cm. Zn meningkat mengikut kedalaman di sepanjang lapisan tanah. Ia berkurang secara mendadak pada kedalaman 350 cm. Kemudian, ia meningkat semula mengikut kedalaman profil. Ba, Ce, Cu dan Zn kaya di dalam reranting dan nodul Mn oksida. Pb tidak berubah manakala Cr tidak dikesan. Komposisi unsur major dan surih di sepanjang profil syal bergantung kepada ketahanan dan mobiliti unsur tersebut disepanjang profil luluhawa. Aktiviti larut resap yang tinggi di kawasan ini menyebabkan unsur-unsur terlarut di permukaan profil dan berkumpul pada kedalaman tertentu di dalam profil.

**Abstract:** Most of the Sungai Merbok area, Kedah is underlain by the Mahang Formation. The rock unit comprises shale, red slate, grey slate and black slate. A study of major and trace elements composition in weathered shale has been carried out. Samples of weathering shale profile were taken from a hill-cut at Ladang United Pillai. Composition of major and trace elements along the weathering profile was determined by X-ray fluorescence method (XRF). The major and trace elements increased or depleted significantly at two depths i.e. at the boundaries of the soil–hard clay (350 cm) and the hard clay–fresh rock (770–870 cm).  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{MgO}$  depleted at 350 cm and 770 cm depth whereas  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaO}$  and  $\text{MnO}$  increased. Ba, Ce and Pb increased at 350 cm and 870 cm depth. Cr and Cu increased at 350 cm depth. Zn increased gradually towards the bottom of the soil layers. The concentrations decreased abruptly at 350 cm depth. Then, it increased gradually towards the bottom of the profile. Ba, Ce, Cu and Zn were enriched in dendritic Mn oxides and nodules. Pb remained constant whereas Cr was not detected. The compositions of major and trace elements in shale profile depend on their resistivity and mobility along the weathering profile. The high leaching activity in this area causes the elements to dissolve at the surface, followed by accumulation at certain depth in the weathering profile.

### PENGENALAN

Kawasan Sungai Merbok, Kedah terletak di bahagian barat laut Semenanjung Malaysia, iaitu di garis lintang  $5^{\circ}35'$  hingga  $5^{\circ}49'N$  dan garis bujur  $100^{\circ}21'E$  hingga  $100^{\circ}34'E$  (Rajah 1). Hampir separuh daripada kawasan Sungai Merbok terdiri daripada batuan Formasi Mahang, terutama sekali di bahagian timur dan selatan. Formasi ini berusia Ordovisi Tengah hingga Devon Awal (Bradford, 1970).

Unit batuan yang paling utama dalam Formasi Mahang terdiri daripada syal, sabak merah, sabak kelabu dan sabak hitam. Mineralogi utama batuan tersebut adalah mika dan klorit. Sabak hitam mengandungi kelimpahan karbon yang tinggi manakala sabak merah pula mengandungi besi oksida

yang tinggi (Almashoor, 1974).

Kawasan ini mengalami iklim panas dan lembab sepanjang tahun. Purata hujan tahunannya adalah disekitar 2,000 mm hingga 2,500 mm. Iklim seperti ini meggalakkan luluhawa kimia yang tinggi berlaku. Batuan syal didapati bertukar menjadi tanah dan laterit. Pemecahan mineral asal dan pembentukan mineral sekunder berlaku seiring dengan keamatan luluhawa. Keadaan ini mempengaruhi taburan unsur surih dan major yang terdapat di dalam batuan (Rose *et al.*, 1979).

Perbincangan mengenai kesan luluhawa kimia terhadap taburan unsur surih dan major dalam batuan syal Formasi Mahang masih belum diketahui. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk menentukan komposisi unsur surih dan major di sepanjang profil luluhawa batuan tersebut.

## BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN.

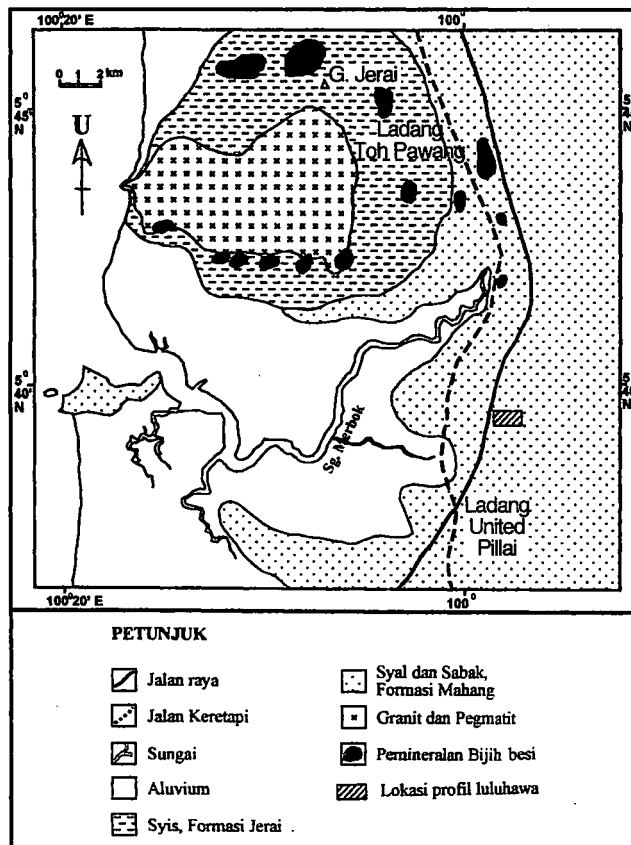
Lokasi kajian terletak di keratan rentas bukit di Ladang United Pillai. Singkapan tersebut terdiri daripada profil luluhawa sedalam 12 meter. Sampel diambil daripada tanah atas hinggalah ke batuan segar. Sela kedalaman berjulat antara 10 cm sehingga 100 cm panjang. Sebanyak 500 gm sampel tanah diambil menggunakan 'Dutch Auger'.

Komposisi unsur surih dan major ditentukan menggunakan teknik pendarflour sinar-X (XRF) mengikut kaedah Norrish & Hutton (1969). Kehilangan bahan meruap (L.O.I) pada setiap sampel diperolehi dengan pemanasan 1 gm sampel pada suhu 1,000°C.

## KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

### Cerapan lapangan

Profil luluhawa syal yang dicerap di lapangan menunjukkan perubahan daripada batuan segar hingga tanah (Rajah 2). Tebal lapisan tanah adalah 300 cm. Lapisan paling atas berwarna coklat kekuningan dan mengandungi akar dan bahan organik (0–20 cm). Ia diikuti oleh lapisan berwarna coklat kemerahan dan mengandungi nodul-nodul oksida besi (20–100 cm). Di bawahnya pula terdapat lapisan lempung berwarna putih kemerahan yang agak lembut dan boleh dihancurkan menggunakan tangan (100–300 cm).



Rajah 1. Peta jenis batuan di kawasan Sungai Merbok, Kedah (Bean, 1969; Bradford, 1970).

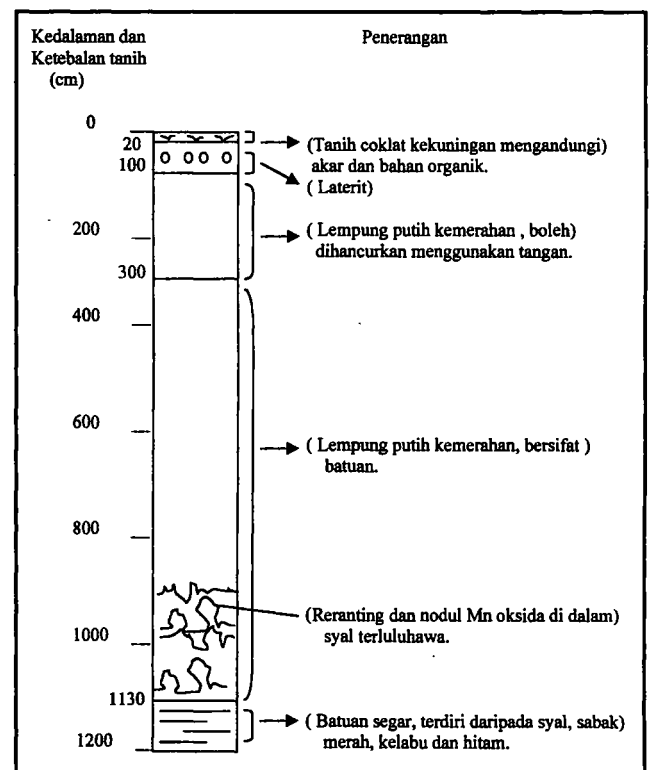
Di bawah lapisan tanah, terdapat lapisan lempung yang menunjukkan sifat batuan. Ia berwarna putih kemerahan dan tidak boleh dihancurkan menggunakan tangan. Terdapat warna kekelabuan di beberapa tempat. Lapisan ini berada pada kedalaman 300 cm–1,130 cm. Pada bahagian bawah profil, iaitu lapisan lempung yang hampir bersentuh dengan batuan segar, terdapat endapan sekunder yang terdiri daripada nodul dan reranting manganese oksida. Batuan segar terdiri daripada selang lapis di antara syal, sabak merah, sabak hitam dan sabak kelabu.

### Analisis geokimia

Data komposisi unsur major ditunjukkan dalam Jadual 1 dan Rajah 3. Plot graf  $\text{SiO}_2$  terhadap kedalaman profil menunjukkan bahawa kepekatan  $\text{SiO}_2$  berkurang dengan keamatan luluhawa. Kepekatan  $\text{SiO}_2$  berkurang dengan nyata pada kedalaman 350 cm dan 770 cm. Secara keseluruhannya, kepekatan  $\text{SiO}_2$  di dalam tanah secara relatif lebih tinggi daripada di dalam batuan.

Plot graf  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  hampir malar disepanjang profil luluhawa kecuali di kedalaman 350 cm dan 770 cm. Pada kedua-dua zon tersebut,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mengalami pengkayaan. Kepekatan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  di dalam batuan syal adalah lebih tinggi daripada di dalam tanah. Keadaan ini disebabkan oleh kehadiran laminasi oksida besi di dalam batuan syal dan sabak merah.

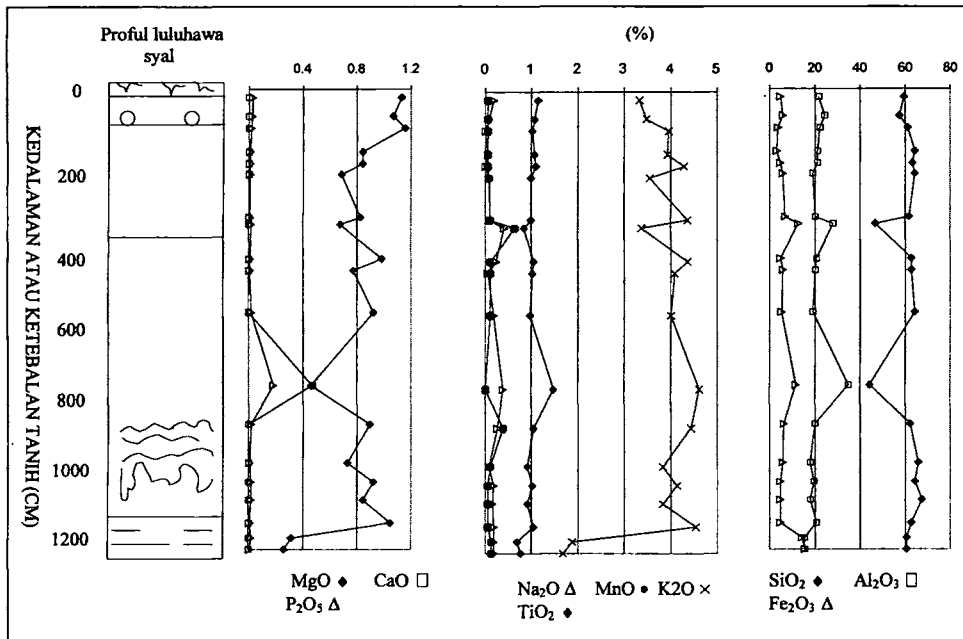
Komposisi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  di sepanjang profil luluhawa agak malar kecuali pada kedalaman 350 cm dan 770 cm. Kepekatan bertambah pada kedalaman 350 cm dan 770 cm. Kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  di dalam batuan juga lebih rendah



Rajah 2. Profil luluhawa syal di kawasan Sungai Merbok, Kedah.

Jadual 1. Komposisi unsur major (%) di sepanjang profil luluhawa syal di Sungai Merbok.

Ketebalan Tanah (cm)	Sampel	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total
20	Pi1	59.62	1.15	21.79	4.62	0.04	1.13	bdl	0.17	3.32	0.03	8.20	100.07
70	Pi2	57.27	1.07	23.99	5.53	0.04	1.07	bdl	0.08	3.48	0.03	8.37	100.86
100	Pi3	61.28	1.02	22.05	3.71	0.06	1.16	bdl	0.01	3.96	0.02	6.47	99.63
160	Pi4	63.95	1.06	21.01	3.24	0.05	0.84	bdl	0.05	3.94	0.01	6.06	100.21
190	Pi5	62.90	1.09	21.17	4.52	0.06	0.84	bdl	bdl	4.29	0.01	5.73	100.61
220	Pi6	64.17	0.98	19.11	5.68	0.07	0.69	bdl	0.07	3.56	0.01	5.47	99.81
330	Pi7	61.48	1.00	19.76	6.81	0.09	0.83	bdl	0.10	4.37	0.01	5.36	99.81
350	Pi8	46.70	0.83	27.94	12.59	0.63	0.68	bdl	0.41	3.37	0.02	6.94	100.11
440	Pi9	62.80	1.03	20.31	4.70	0.10	0.98	bdl	0.22	4.37	0.01	5.3	99.82
470	Pi10	62.46	1.02	19.97	5.92	0.10	0.77	bdl	0.05	4.08	0.01	5.43	99.81
580	Pi11	64.29	0.97	19.19	5.28	0.11	0.92	bdl	0.17	4.02	0.02	5.01	99.98
770	Pi12	44.18	1.48	34.84	11.52	0.01	0.46	0.47	0.37	4.62	0.18	4.75	99.88
870	Pi13	62.30	1.04	20.01	6.12	0.38	0.90	bdl	0.26	4.45	0.02	5.08	100.56
970	Pi14	66.00	0.92	17.94	5.98	0.10	0.73	bdl	0.07	3.82	0.01	4.69	100.26
1,020	Pi15	64.42	1.01	19.30	5.00	0.05	0.92	bdl	0.18	4.14	0.02	5.00	100.04
1,070	Pi16	67.19	0.92	17.72	4.95	0.04	0.84	bdl	0.16	3.83	0.02	4.60	100.27
1,130	Pi17	62.72	1.05	20.72	4.77	0.04	1.04	bdl	0.17	4.54	0.01	5.18	100.24
1,170	UP1	60.64	0.68	15.20	14.23	0.13	0.31	bdl	0.18	1.87	0.02	6.59	99.85
1,200	UP1D	60.61	0.75	15.18	15.17	0.12	0.26	bdl	0.18	1.67	0.01	6.06	100.01



Rajah 3. Kepekatan unsur major di sepanjang profil luluhawa.

berbanding dengan di dalam tanah.

Komposisi  $TiO_2$  di sepanjang profil luluhawa agak malar. Ia mengalami pengurangan sedikit pada kedalaman 350 cm tetapi mengalami pengkayaan pada kedalaman 770 cm. Kepekatan di dalam tanah lebih tinggi sedikit daripada di dalam batuan.

Jadual 2. Komposisi unsur surih (ppm) di sepanjang profil luluhawa syal di Sungai Merbok.

Ketebalan Tanah (cm)	Sampel	Ba	Ce	Pb	Cr	Cu	Zn
20	Pi1	1,573	621	37	115	45	88
70	Pi2	1,628	648	49	125	48	89
100	Pi3	1,719	716	26	108	41	141
160	Pi4	1,583	615	35	99	32	124
190	Pi5	1,724	696	25	110	35	173
220	Pi6	1,494	661	26	97	23	96
330	Pi7	1,751	686	47	109	41	123
350	Pi8	4,363	7,149	1,426	143	68	95
440	Pi9	1,685	712	11	106	30	112
470	Pi10	1,618	650	22	101	38	128
580	Pi11	1,615	652	21	107	41	138
770	Pi12	1,555	630	23	93	28	108
870	Pi13	2,487	3,445	799	114	26	95
970	Pi14	1,511	526	10	95	28	133
1,020	Pi15	1,654	588	15	103	31	111
1,070	Pi16	1,508	546	25	88	28	166
1,130	Pi17	1,713	619	25	109	21	74
1,170	UP1	1,059	371	14	106	75	165
1,200	UP1D	1,054	378	16	108	79	168

Komposisi MnO agak malar di sepanjang luluhawa. Ia mengalami pengkayaan yang nyata pada kedalaman 350 cm dan 870 cm.

Komposisi  $K_2O$  kelihatan tidak sekata di sepanjang profil luluhawa. Kepekatan berjulat diantara 3.37–4.56%.  $K_2O$  mengalami pengurangan yang ketara pada kedalaman 770 cm. Komposisinya di dalam batuan sangat rendah berbanding dengan di dalam tanah.

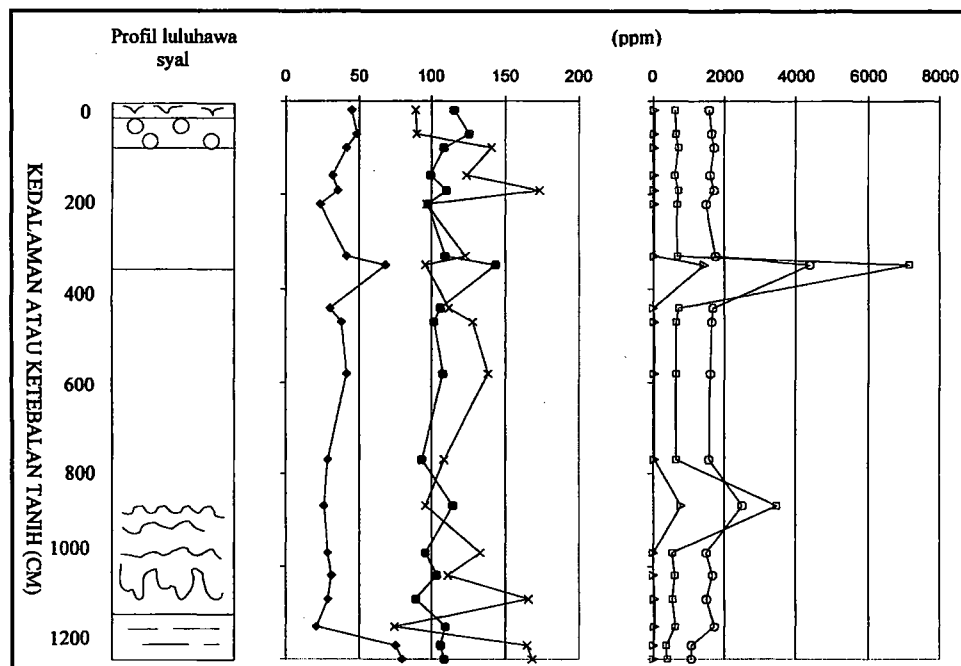
Komposisi MgO tidak sekata di sepanjang profil luluhawa. Pada kedalaman 770 cm, kepekatan agak berkurang. Kepekatan MgO di dalam batuan jauh lebih rendah berbanding dengan di dalam tanah.

Komposisi  $Na_2O$  di dalam tanah lebih rendah berbanding dengan di dalam batuan bersifat tanah dan juga batuan segar. Kepekatan  $Na_2O$  meningkat dengan nyata pada kedalaman 350 cm dan juga 770–870 cm.

Komposisi  $P_2O_5$  dan CaO sangat rendah di dalam tanah dan batuan syal.  $P_2O_5$  berjulat antara 0.01%–0.03% kecuali pada kedalaman 350 cm (0.18%). Kepekatan CaO di sepanjang profil luluhawa adalah di bawah had pengesanan kecuali pada kedalaman 350 cm (0.47%).

Batuan syal dan sabak merah yang lebih dominan di kawasan ini mengandungi laminasi besi oksida. Oleh itu, kandungan  $Fe_2O_3$  di dalam batuan lebih tinggi daripada di dalam tanah. Aktiviti luluhawa menyebabkan ikatan mineral terurai dan menyebabkan unsur-unsur major terbebas dan mengalami larut resap. Pada sempadan tanah dan lempung bersifat batuan (350 cm) dan sempadan lempung tersebut dengan batuan (770 cm), unsur-unsur tersebut terendap semula.

Terdapat pengkayaan dan pengurangan unsur major yang nyata di sepanjang profil luluhawa iaitu pada kedalaman 350 cm dan 770 cm. Pada kedalaman tersebut,



Rajah 4. Kepekatan Ba (○), Ce (□), Pb (Δ), Cr (●), Cu (◆) dan Zn (x) di sepanjang profil luluhawa.

unsur  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}$  dan  $\text{CaO}$  mengalami pengkayaan. Unsur-unsur tersebut mengalami larut resap dan diendapkan semula pada bahagian tertentu di sepanjang profil luluhawa. Selain itu, ketahanan unsur tersebut terhadap luluhawa dan sebagai sebahagian daripada mineral sekunder menyebabkan ianya mengalami pengkayaan (Musta & Md. Tan., 1996).

Sebaliknya, pada kedalaman yang sama, komposisi  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{MgO}$  mengalami pengurangan. Pengurangan  $\text{SiO}_2$  mungkin disebabkan oleh kehadiran  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang tinggi ataupun sifat mobiliti unsur itu sendiri.  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{MgO}$  adalah unsur yang mudah terurai dalam bentuk larutan ion. Komposisinya disepanjang profil luluhawa tidak sekata. Pada kedalaman 350 cm dan 770 cm, kepekatananya berkurang dengan nyata di sebabkan kepekatan  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$  yang lebih tinggi.

### Komposisi unsur surih

Data yang menunjukkan komposisi unsur surih mengikut kedalaman profil batuan ditunjukkan di dalam Jadual 2 dan Rajah 4. Komposisi unsur surih mengikut kedalaman profil dengan turutan kepekatan menurun adalah Ba, Ce, Pb, Zn, Cr dan Cu.

Secara keseluruhannya, kepekatan Pb, Ba dan Ce di dalam tanah lebih tinggi sedikit daripada di dalam batuan. Kepekatan Pb di sepanjang profil batuan agak malar, kecuali di kedalaman 350 cm dan 870 cm. Ketiga-tiga unsur tersebut mengalami pengkayaan di kedalaman 350 cm (Pb = 1,426 ppm; Ba = 4,363 ppm; Ce = 7,149 ppm) dan 970 cm (Pb = 799 ppm; Ba = 2,487 ppm; Ce = 3,445 ppm).

Cu dan Cr menunjukkan pola yang hampir sama di sepanjang profil luluhawa. Cu semakin berkurangan di lapisan tanah. Kemudian ia mengalami pengkayaan pada kedalaman 350 cm (Cr = 143 ppm; Cu = 68 ppm). Kepekatan Cu agak malar kemudiannya di sepanjang zon lempung bersifat batuan. Cu di dalam tanah lebih rendah sedikit daripada di dalam batuan. Sebaliknya, Cr di dalam batuan lebih tinggi sedikit daripada tanah.

Komposisi unsur surih di dalam profil luluhawa bergantung kepada sifat individunya selepas batuan terurai. Ba, Ce, Pb, Cr dan Cu mengalami pengkayaan pada kedalaman 350 cm. Unsur-unsur tersebut cenderung untuk berkumpul pada kedalaman tersebut mungkin disebabkan oleh kehadiran Fe dan Mn oksida serta lempung. Unsur-unsur surih cenderung untuk dijerap dipermukaan mineral lempung (Rose *et al.*, 1979).

Nodul dan reranting manganese oksida terdiri daripada endapan sekunder  $\text{MnO}$  yang tinggi (26.53%) disamping unsur  $\text{SiO}_2$  (50.40%) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (13.17%). Ia mengandungi kepekatan Ba, Ce, Cu dan Zn yang lebih tinggi daripada keseluruhan profil luluhawa. Kepekatan Pb yang hampir sama. Endapan ini tidak mengandungi Cr.

Pada kedalaman 870 cm, Ba, Ce, Pb dan Cu mengalami pengkayaan. Keadaan ini mungkin disebabkan oleh kegiatan larut resap yang berterusan dan unsur-unsur tersebut terendap di dasar lempung bersifat batuan. Sebahagian daripadanya terendap di dalam nodul dan

reranting Mn oksida. Cr tidak mengalami pengkayaan di kedalaman ini. Cr mungkin tidak mengalami larut resap di kedalaman lebih daripada 300 cm. Ini dibuktikan oleh ketidakhadiran Cr di dalam nodul Mn oksida.

Kepekatan Zn bertambah dari permukaan ke bahagian bawah tanah. Ia berkurang secara mendadak di kedalaman 350 m. Kemudian kepekatan Zn bertambah semula sehingga mencapai ke kedalaman 1,070 cm. Kepekatan Zn di dalam batuan segar lebih tinggi daripada di dalam tanah.

Zn adalah unsur yang lebih cenderung berada di dalam keadaan larutan ion dan mudah bergerak. Di dalam profil luluhawa syal, Zn mengalami larut resap di permukaan profil tanah dan bertambah secara beransur-ansur apabila mendekati sempadan dengan lempung bersifat batuan. Kepekatananya berkurang secara mendadak di bahagian atas lapisan lempung dan kemudian bertambah semula secara beransur-ansur sehingga di bahagian sempadan dengan batuan segar. Zn juga didapati mudah berasosiasi dengan endapan Mn oksida.

## KESIMPULAN

Kajian geokimia terhadap profil luluhawa syal di kawasan Sungai Merbok menunjukkan terdapat persamaan diantara taburan unsur major dan unsur surih. Kedua-dua unsur tersebut mengalami pengkayaan ataupun pengurangan yang ketara pada dua zon iaitu pada kedalaman 350 cm dan 770–870 cm.

Pengkayaan dan pengurangan unsur major dipengaruhi oleh mobiliti ion dan ketahanan unsur tersebut terhadap keamaan luluhawa. Perlakuan unsur surih pula dipengaruhi oleh sifat mobiliti ion dan jenis mineral dan endapan sekunder yang terdapat di sepanjang profil luluhawa.

## PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Anizan Isahak atas sumber kewangan (geran penyelidikan Universiti Kebangsaan Malaysia 2/99) ketika menjalankan kerjalapangan.

## RUJUKAN

- ALMASHOOR, S.S., 1974. *Geology of Gunung Jerai, Kedah*. Tesis Sarjana, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- BEAN, J.H., 1969. The iron-ore deposits of West Malaysia. *Economic Bulletin 2*. Geological Survey, West Malaysia, 11 21.
- BRADFORD, E.F., 1970. Geology and mineral sources of the Gunung Jerai Area, Kedah. *Geological Survey Malaysia District Memoir 13*.
- MUSTA, B. & MD. TAN, M., 1996. Perlakuan luluhawa batuan ultrabases di kawasan Telupid Sabah: Tafsiran geokimia. *Borneo Science 2*, 47–63.
- NORRISH, K. & HUTTON, J.T., 1969. An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples. *Geochim. Et. Cosmochim. Acta 33*, 431–453.
- ROSE, A.W., HAWKES, H.E. & WEBB, J.S., 1979. *Geochemistry in mineral exploration*. Academic Press, London, 657p.