



Kajian geokimia konkresi dan hubungannya dengan pembentukan bauksit di kawasan Kuantan

BABA MUSTA¹, W. FUAD W. HASSAN² DAN MOHAMAD MD. TAN¹

¹Jabatan Sains Bumi
FSSA, UKM Kampus Sabah
Beg Berkunci No. 62
88996 Kota Kinabalu, Sabah

²Jabatan Geologi
FSFG, UKM
43600 Bangi, Selangor

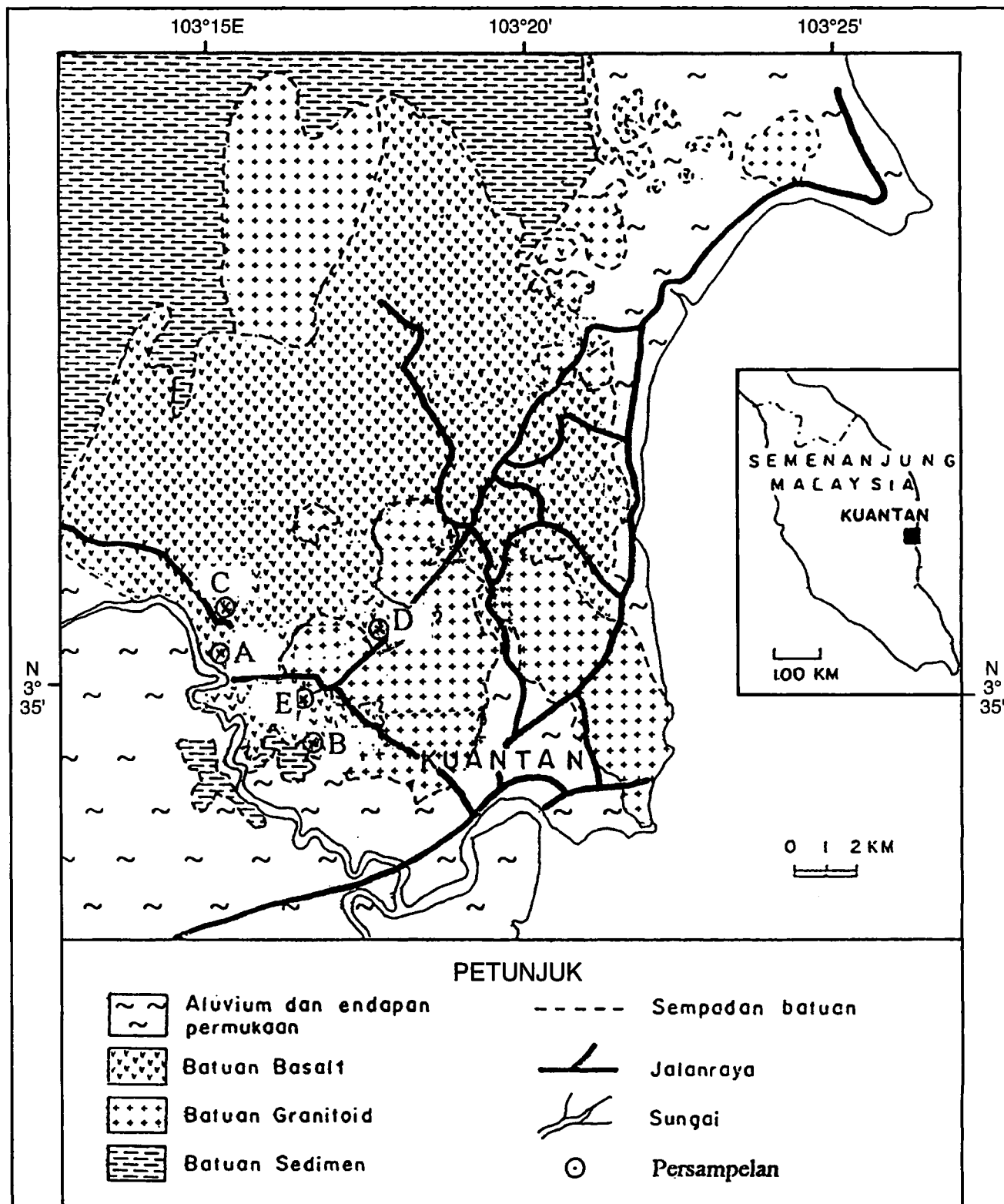
Abstrak: Proses luluhawa kimia pada batuan basalt di kawasan Kuantan telah menghasilkan konkresi. Sebanyak 21 sampel konkresi tersebut yang diambil daripada 5 profil luluhawa telah dianalisis kandungan unsur major dan unsur surih. Keputusan menunjukkan Al_2O_3 dan Fe_2O_3 merupakan unsur yang melimpah dengan julat kepekatan masing-masing 32.35%–52.23% dan 14.96%–33.99%. Kepekatan TiO_2 pula berjalat 3.03%–6.62% manakala SiO_2 berjalat *bdl*–8.07%. Unsur-unsur MgO , CaO , Na_2O dan K_2O kebanyakannya di bawah had pengesanan (*bdl*). SiO_2 , FeO , MnO dan P_2O_5 masih boleh dikesan dalam sampel tetapi kebanyakannya kurang daripada 1%. Kesimpulan yang boleh dibuat berdasarkan data geokimia unsur major ialah konkresi tersebut adalah berkomposisi bauksit, dengan Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 dan TiO_2 sebagai unsur pembentuk mineral yang utama. Mineral yang melimpah dan dikesan mengikut pertambahan kelimpahannya ialah gipsit, hematit, goetit, kaolinit dan kuarza. Korelasi negatif yang kuat antara Fe_2O_3 lawan Al_2O_3 dan Al_2O_3 lawan TiO_2 mencadangkan pertambahan Al_2O_3 membentuk gipsit akan diikuti dengan pengurangan goetit dan anatas. Purata kepekatan masing-masing bagi Cr, Zn, Ni dan Cu dalam konkresi ialah 611 ppm, 35 ppm, 35 ppm dan 28 ppm. Korelasi positif yang ditunjukkan oleh plot graf Ni lawan Zn, Ni lawan Cu dan Zn lawan Cu dalam konkresi mencadangkan asosiasi unsur-unsur tersebut dalam bauksit, terutamanya dalam mineral gipsit dan goetit. Cr kemungkinan dijerap dalam gipsit, Fe-oksida dan kaolinit, dan juga boleh terdapat dalam kromit.

Abstract: Chemical weathering of basalt in the Kuantan area has produced concretions. Twenty-one samples of the concretions from 5 weathering profiles of basalt rock in the Kuantan area were analysed for major elements and trace elements contents. Results of the analysis show that Al_2O_3 and Fe_2O_3 are abundant constituents with their respective content ranges of 32.35%–52.23% and 14.96%–33.99%. TiO_2 and SiO_2 are next in abundance with their respective content ranges of 3.03%–6.62% and *bdl*–8.07%. SiO_2 , FeO , MnO and P_2O_5 are also found, with their contents less than 1%. MgO , CaO , Na_2O and K_2O contents are mostly below detection limits. Based on these chemical data, the concretions have a bauxitic composition with Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 and TiO_2 being the dominant constituents. Minerals detected with the increasing abundance are gibbsite, hematite, goethite, kaolinite and quartz. The strong negative correlation between Fe_2O_3 and Al_2O_3 and between Al_2O_3 and TiO_2 , suggests that the increase of alumina forming gibbsite is followed by the decreased of goethite and anatase minerals. The average concentrations of Cr, Zn, Ni and Cu are 611 ppm, 35 ppm, 35 ppm and 28 ppm respectively. The plotted graphs of Ni versus Zn, Ni versus Cu and Zn versus Cu in concretions show positive correlations, suggesting their association in bauxite, particularly in gibbsite and goethite. Cr may be adsorbed in the gibbsite, in Fe-oxide, in kaolinite, and is also found in chromite.

PENDAHULUAN

Luluhawa kimia pada kebanyakan batuan igneus menghasilkan konkresi pada profil luluhawa. Bardossy dan Aleva (1990) melaporkan pembentukan bauksit dalam konkresi di kawasan tropika seperti di kawasan Kalimantan Barat, Indonesia; Ouro Preto, Brazil; Cauca dan Valle,

Columbia dan Vietnam Selatan. Fenomena tersebut juga ditunjukkan pada profil batuan basalt di kawasan Kuantan (Rajah 1). Genesis pembentukan konkresi diterangkan oleh Tardy dan Nahon (1985) dan Nahon (1991). Faktor dalaman seperti minerologi dan batuan induk merupakan faktor penting yang mempengaruhi pembentukannya. Faktor luaran seperti aktiviti



Rajah 1. Kedudukan kawasan kajian, taburan batuan dan persampelan konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.

air, pH, Eh yang rendah hingga sederhana (Norton, 1973), suhu, aktiviti air dan saiz partikel (Trolard dan Tardy, 1987) membolehkan pembentukan bauksit. Kajian yang dijalankan oleh Bardossy dan Aleva (1990) dan Rajah (1990) mengaitkan konkresi tersebut dengan pembentukan bauksit. Pembentukan bauksit di Johor juga wujud dalam bentuk konkresi (Grubb, 1982). Mineral sekunder yang mengikut kelimpahannya dalam konkresi ialah gipsit, boehmit, goetit, hematit dan kaolinit (Grubb, 1970; Tardy dan Nahon, 1985; Trolard dan Tardy, 1989; Nahon, 1991 dan Mordberg, 1993a). Kajian kepekatan dan perlakuan unsur-unsur surih dalam bauksit pernah dilaporkan oleh Wolfenden (1965) dan Mordberg (1993a dan 1993b).

Kajian asosiasi kewujudan konkresi dengan unsur-unsur surih dalam batuan basalt di kawasan kajian belum pernah disentuh dengan terperinci oleh pengkaji sebelum ini. Diharapkan kertas ini dapat menerangkan kewujudan tekstur tersebut berdasarkan tafsiran geokimia dan hubungannya dengan kepekatan unsur surih.

KAEDAH KAJIAN

Kaedah kajian ialah cerapan lapangan dan analisis geokimia. Kajian konkresi di lapangan melibatkan cerapan tekstur, warna dan persampelan. Persampelan melibatkan 21 sampel konkresi daripada 5 profil luluhawa. Teknik pendarflour sinar-X (XRF) digunakan untuk menganalisis unsur major dan unsur surih, kecuali FeO yang dianalisis dengan kaedah kimia basah. Sampel untuk analisis unsur major dibentuk pelet lakur manakala unsur surih pula ialah pelet tekan. Teknik ini diperkenalkan oleh Norrish dan Hutton (1969). Teknik XRF menggunakan peralatan 'Philips PW 1480 X-ray Digital' dan spektrometer dikawal melalui perisian 'Digital Software X 44' mikrokomputer. Kaedah kalibrasi graf dibantu oleh program 'Alphas on line'. Kalibrasi ini sesuai dengan kaedah De Jongh (1973 dan 1979). Kepekatan unsur major dinilai potensinya sebagai logam bauksit berdasarkan piawaian yang dicadangkan oleh Valetton (1972) dan Patterson (1986) manakala kesesuaiannya untuk dilombong mengikut Evans (1989). Kajian mineralogi konkresi melibatkan kajian petrografi dan pembelauan sinar-X (XRD).

HASIL

Cerapan Lapangan

Konkresi yang dicerap pada profil luluhawa batuan basalt bersaiz beberapa cm hingga mencapai

10.0 cm. Konkresi kebanyakannya berbentuk granulat bersudut tetapi ada juga yang kesferaannya tinggi. Kekerasannya secara relatif kuat, berwarna coklat cerah dan matriknya terdiri daripada tanah. Konkresi di lapangan bercorak mengkasar ke bahagian bawah profil hingga kedalaman tertentu (Rajah 2). Bahagian dalam granulat didapati terdiri daripada liang-liang yang bersaiz 1 mm hingga 3 mm dan berwarna kelabu cerah.

Ada juga konkresi yang mencapai 20 cm diameter berwarna coklat cerah dan mempunyai pori yang agak besar iaitu lebih kurang 1 cm (Rajah 3). Konkresi yang bersambung-sambung memanjang membentuk rangkaian reranting pula bersaiz 0.5 cm hingga 1.0 cm (Rajah 4).

Kajian Mineralogi

Mineral kuarza, ilmenit dan kalsium titanium silikat (sfen) yang secara relatifnya tahan pada luluhawa (Ollier, 1969) dapat dikenali secara petrografi. Mineral yang dikesan dengan XRD ialah gipsit, goetit, kaolinit dan kuarza (Jadual 1). Gipsit merupakan mineral yang paling melimpah dalam konkresi.

Kajian Geokimia

Keputusan analisis geokimia disertakan dalam Jadual 2 dan Jadual 3. Unsur-Unsur major dinyatakan dalam peratus berat manakala unsur-unsur surih dalam bahagian perjuta (ppm). Unsur-unsur major yang melimpah dalam konkresi ialah Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 dan TiO_2 , manakala unsur-unsur yang lain pula kurang daripada 1%. Unsur-unsur surih yang dikaji dalam konkresi ialah Cr, Zn, Ni dan Cu.

Jadual 1. Kandungan mineral dalam sampel konkresi dari kawasan Kuantan, Pahang.

Sampel	Kandungan Mineral
A3	gipsit, hematit, goetit
B5	gipsit, hematit, goetit
B6	gipsit, hematit
C1	gipsit, hematit
C2	gipsit, hematit, goetit
D1	gipsit, hematit, goetit
D3	gipsit, hematit
E3	gipsit, kaolinit, hematit
E2	gipsit, kuarza



Rajah 2. Konkresi bentuk granul yang mengkasar ke bawah.



Rajah 3. Konkresi yang saiz porinya mencapai 1 cm.



Rajah 4. Konkresi yang berbentuk reranting.

Jadual 2. Kepekatan unsur major dan unsur surih dalam konkresi di kawasan Kuantan.

Unsur	Lokaliti									
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	B6
SiO ₂	bdl	bdl	0.75	bdl	bdl	bdl	bdl	2.17	8.07	3.42
TiO ₂	4.07	4.31	4.60	4.35	3.14	3.96	4.62	3.63	5.24	3.42
Al ₂ O ₃	42.44	41.96	42.68	41.71	18.03	43.59	42.76	44.89	36.02	41.50
FeO	0.54	0.38	1.37	0.73	0.97	1.35	1.07	0.12	0.37	0.80
Fe ₂ O ₃	24.49	26.05	24.24	27.41	18.82	23.62	28.86	23.67	32.06	16.14
MnO	0.09	0.11	0.05	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08
MgO	bdl	bdl	0.23	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.42	0.07
CaO	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.01	0.02
Na ₂ O	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
K ₂ O	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.01	bdl
P ₂ O ₅	0.22	0.27	0.21	0.29	0.20	0.21	0.31	0.20	0.24	0.08
L.O.I.	27.15	16.92	25.86	26.20	28.77	27.19	24.28	27.41	23.34	29.84
Total:	100.00	100.00	99.97	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Cu	165	202	0	155	123	105	140	236	0	0
Zn	35	36	20	52	31	28	33	16	26	29
Ni	40	36	27	33	34	32	17	42	27	34
Cr	587	477	791	506	434	648	563	457	628	413

Jadual 3. Kepekatan unsur major dan unsur surih dalam konkresi di kawasan Kuantan.

Unsur	Lokaliti										
	C1	C2	C3	D1	D2	D3	D4	D5	E1	E2	E3
SiO ₂	3.42	1.23	3.53	2.22	3.56	1.32	bdl	5.08	0.15	8.4	15.22
TiO ₂	3.03	4.92	2.82	5.00	4.40	6.62	5.04	4.06	3.07	3.84	6.13
Al ₂ O ₃	45.00	40.15	48.60	36.49	41.03	33.97	32.35	40.07	52.23	40.36	33.03
FeO	0.74	0.74	0.86	0.40	1.33	0.68	11.77	0.98	0.63	0.79	1.42
Fe ₂ O ₃	15.75	28.90	23.29	33.99	31.67	24.34	14.96	21.03	14.96	21.03	22.99
MnO	0.05	0.09	0.09	0.06	0.04	0.05	0.09	0.10	0.08	0.07	0.18
MgO	0.18	0.30	0.17	0.29	bdl	0.15	bdl	bdl	bdl	0.32	0.23
CaO	bdl	0.01	bdl	0.00	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.04	0.01
Na ₂ O	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl
K ₂ O	0.01	bdl	bdl	0.04	bdl	bdl	bdl	bdl	bdl	0.03	bdl
P ₂ O ₅	0.13	0.26	0.19	0.26	0.13	0.15	0.31	0.27	0.24	0.21	0.15
L.O.I.	28.71	28.44	28.44	26.35	26.34	23.08	28.77	25.10	28.64	24.92	32.64
Total:	100.02	100.00	100.00	99.96	100.01	100.01	100.00	100.00	100.00	100.01	100.00
Cu	0	0	106	0	0	0	125	189	96	0	0
Co	0	14	136	26	20	33	192	172	124	31	24
Nd	36	64	3	69	29	32	71	27	0	44	57
Zn	11	31	36	32	32	27	53	55	28	42	48
Ni	19	17	40	32	27	28	34	72	58	35	51
Cr	409	583	557	575	1227	609	719	577	940	561	575
Ba	888	157	1034	1784	1263	1998	1451	1365	921	1331	1562

Jadual 4. Pengelasan bauksit mengikut nama gred (Patterson *et al.*, 1986).

Nama Gred	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	L.O.I. (%)
Logam	40.0–61.0	1.0–20.0	1.0–30.0	0.0–4.0	26.0–31.0
Kimia	58.5–60.0	3.5–6.0	1.0–1.5	2.5–2.8	30.0–31.0
Abrasif	82.0–88.0	1.0–5.5	2.0–8.0	3.0–4.8	0
Refraktori	84.0–89.0	5.0–7.5	1.5–2.5	3.0–4.0	0

PERBINCANGAN

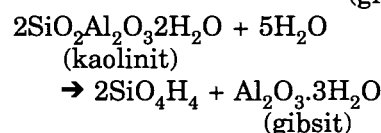
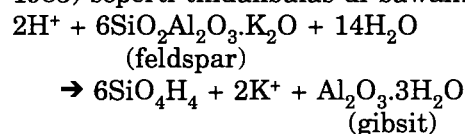
Geokimia Unsur Major Dan Pembentukan Bauksit

Unsur yang paling melimpah dalam konkresi ialah Al₂O₃ dengan julat kepekatan 32.35%–52.23%, purata 41.37% dan sisihan piawai 5.06%. Fe₂O₃ pula kedua melimpah iaitu berjulat 14.96%–3.99%, purata 24.1% dan sisihan piawai 5.04%. Kepekatan TiO₂ pula berjulat 3.03%–6.62%, manakala SiO₂ berjulat bdl–8.07%. Valetton (1972) menetapkan syarat-syarat peratus unsur yang perlu dipenuhi sebagai bauksit ialah Al₂O₃ > 45%–50%, Fe₂O₃ > 20% dan SiO₂ = 3%–5%. Patterson *et al.* (1986) pula mengelaskan gred bauksit kepada 5 gred berdasarkan kepada kandungan Al₂O₃, Fe₂O₃, SiO₂, TiO₂ dan L.O.I. (Jadual 4). Evans (1989) pula mencadangkan gred Al₂O₃ yang boleh dieksploitasi pada kadar minimum ialah sekitar 30%, dengan faktor kepekatan 3.75. Perbandingan piawai dan data yang diperolehi menunjukkan kebanyakan konkresi berkomposisi bauksit. Walau bagaimanapun ada beberapa sampel yang tidak menepati julat unsur major untuk dikelaskan sebagai bauksit mengikut cadangan Valetton (1972) dan Patterson *et al.* (1986), contohnya sampel B5, D1, D3, D4 dan E3.

Mineral yang terdapat dalam bauksit ialah gibsit, boehmit, diaspor, goetit, hematit dan kaolinit (Grubb, 1970; Bardossy dan Aleva 1990). Walau bagaimanapun mineral aluminium hidroksida yang dikesan dengan XRD terdiri daripada mineral gibsit sahaja seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Korelasi negatif yang kuat antara Fe₂O₃–Al₂O₃ (Rajah 5) mencadangkan pertambahan pembentukan gibsit akan diikuti oleh pengurangan kandungan Fe-oksida. Fe-oksida yang dapat dikesan ialah hematit dan goetit. Kehadiran mineral dan pori dalam konkresi boleh diterangkan oleh kesan pelarutan mineral-mineral yang mudah terluluhawa yang akan meninggalkan ruang yang kosong. Ruang kosong yang tidak diisi oleh mineral sekunder akan membentuk tekstur pori dan sesetengah ruang itu juga bertindak sebagai

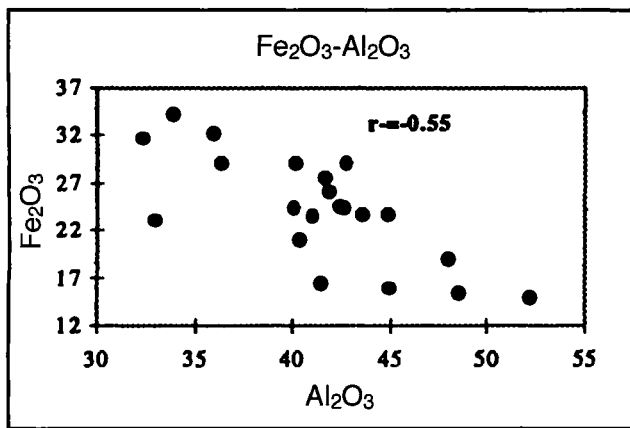
nukleus untuk pembentukan mineral sekunder.

Pembentukan bauksit selalunya berkaitan rapat dengan faktor sekitaran iaitu keadaan pH lebih daripada 4 dan Eh kurang +4 (Peterson, 1976). Keupayaan ikatan ion Al agak rendah menyebabkan Al mudah membentuk aluminium oksida, contohnya gibsit, yang mana merupakan komponen utama bauksit. Gibsit boleh terbentuk daripada feldspar dan kaolinit (Tardy dan Nahon, 1985) seperti tindakbalas di bawah.

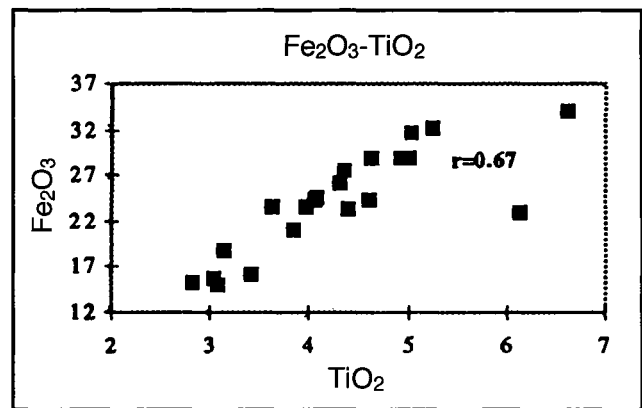


Korelasi SiO₂–Al₂O₃ (Rajah 6) yang negatif lemah mencadangkan sedikit pembentukan gibsit daripada kaolinit. Pembentukan bauksit selalunya berkaitan dengan penyingkiran unsur TiO₂ iaitu komponen utama dalam anatas, rutil dan ilmenit. Korelasi linear negatif yang kuat ditunjukkan antara Al₂O₃ dengan TiO₂ (Rajah 7) dengan nilai pekali korelasi ialah – 0.83. Ini menunjukkan semakin tinggi Al₂O₃ di dalam konkresi maka TiO₂ pula akan semakin berkurangan atau berkecenderungan untuk disingkirkan. Fenomena ini menjelaskan dalam konkresi bauksit Al₂O₃ wujud dalam keadaan stabil membentuk gibsit, sementara TiO₂ dalam anatas atau rutil disingkirkan dari konkresi. Menurut Grubb (1970) anatas yang muncul dengan mudah pada keadaan pH tinggi akan menjadi kurang stabil bila ada percampuran dengan komponen gel yang sama-sama termendap. Korelasi Fe₂O₃–TiO₂ (Rajah 8) yang positif sederhana pula mencadangkan pembentukan mineral ferum titanium oksida contohnya ilmenit dalam konkresi.

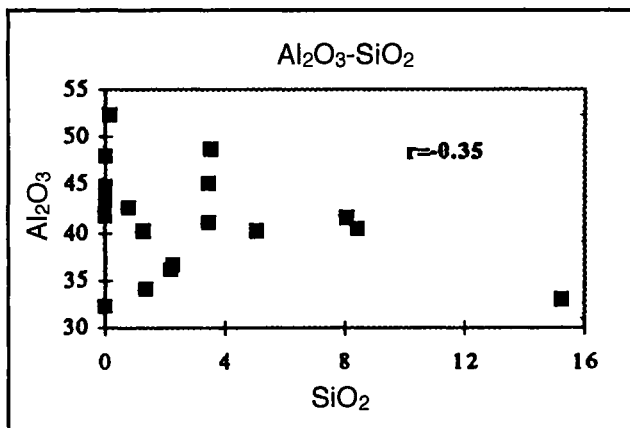
Unsur-unsur major yang lain seperti FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O dan P₂O₅ sangat rendah dan kebanyakannya kurang daripada 1%. Ini adalah kerana unsur-unsur tersebut mobil semasa luluhawa dan mengalami larut resap.



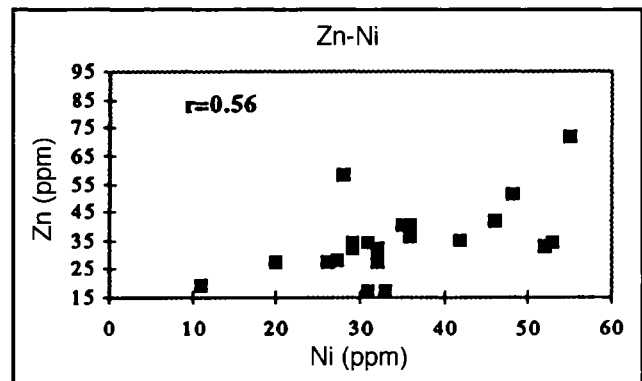
Rajah 5. Plot graf Fe_2O_3 lawan Al_2O_3 dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.



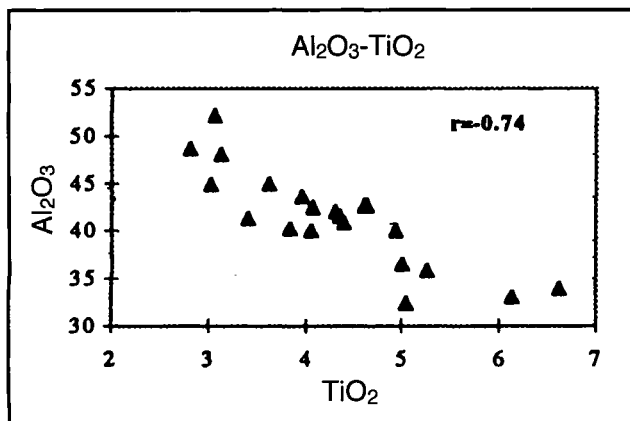
Rajah 8. Plot graf Fe_2O_3 lawan TiO_2 dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.



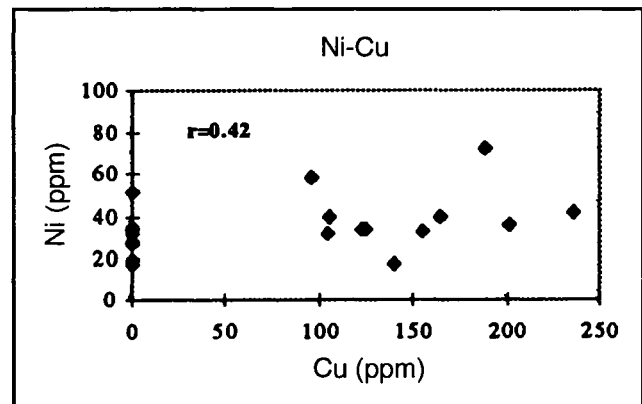
Rajah 6. Plot graf Fe_2O_3 lawan SiO_2 dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.



Rajah 9. Plot graf Zn lawan Ni dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.



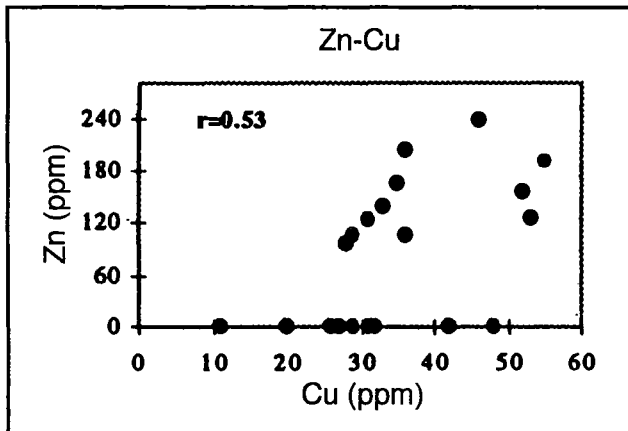
Rajah 7. Plot graf Al_2O_3 lawan TiO_2 dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.



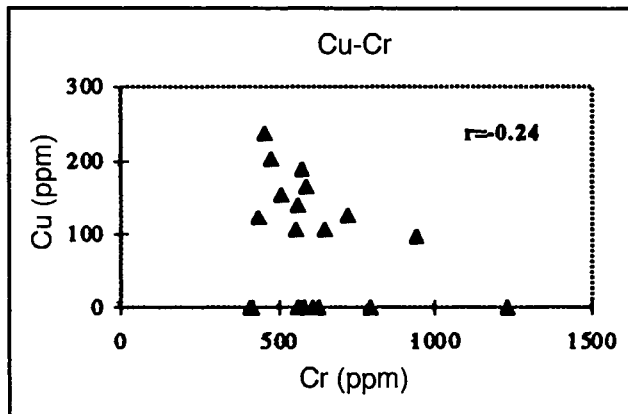
Rajah 10. Plot graf Ni lawan Cu dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.

Jadual 5. Korelasi antara unsur-unsur surih dalam sampel konkresi dari kawasan Kuantan, Pahang.

Asosiasi	Korelasi	Pekali Korelasi
Ni-Zn	Positif Sederhana	0.56
Ni-Cu	Positif Sederhana	0.42
Zn-Cu	Positif Sederhana	0.53
Ni-Cr	positif lemah	0.06
Cr-Zn	negatif lemah	- 0.08
Cr-Cu	negatif lemah	- 0.24



Rajah 11. Plot graf Zn lawan Cu dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.



Rajah 12. Plot graf Cu lawan Cr dalam konkresi di kawasan Kuantan, Pahang.

Geokimia Unsur Surih

Kewujudan unsur-unsur surih dalam bauksit pernah dilaporkan oleh pengkaji-pengkaji terdahulu (Wolfenden, 1965; Mordberg, 1993a; Bardossy dan Aleva, 1990). Unsur-unsur tersebut boleh terdapat dalam bauksit terutama mineral Fe-oksida dan mineral lempung. Unsur surih Cr yang mempunyai purata kepekatan 611 ppm dan sisihan piawai 188 ppm, merupakan unsur yang paling tinggi kekekatannya. Zn dan Ni mempunyai purata yang sama iaitu 35 ppm, manakala sisihan piawai masing-masing ialah 11 ppm dan 13 ppm. Nilai kepekatan Cu pula ber julat besar iaitu di bawah had pengesanan hingga 165 ppm. Korelasi positif antara Ni-Zn (Rajah 9), Ni-Cu (Rajah 10) dan Zn-Cu (Rajah 11) mencadangkan asosiasi unsur-unsur tersebut dalam bauksit terutamanya mineral gibsit dan goetit (Jadual 5). Kedapatannya boleh disebabkan oleh proses jerapan. Cr pula menunjukkan korelasi yang sangat lemah dengan unsur-unsur yang lain contohnya Cu (Rajah 12). Jadi tiada asosiasi yang jelas. Walau bagaimanapun Cr boleh juga dijerap oleh Fe-oksida dan kaolinit (Wolfenden, 1965) di samping itu juga boleh terdapat dalam kromit. Kepekatan Zn, Ni, Cu didapati lebih rendah berbanding dengan Cr kerana semasa luluhawa Zn, Ni dan Cu lebih mobil dan mengalami larut resap (Mordberg, 1993a).

KESIMPULAN

Menerusi kajian kepekatan unsur-unsur major membuktikan bahawa luluhawa kimia telah membentuk konkresi yang berkomposisi bauksit di kawasan Kuantan. Kelimpahan Al_2O_3 secara purata di dalam kerak bumi ialah 8%, manakala kepekatan minimum Al_2O_3 dalam konkresi yang dianalisis ialah 32.35%, ini mencadangkan faktor kepekatan yang sesuai untuk konkresi tersebut berkomposisi bauksit.

Zn, Ni dan Cu mudah mengalami mobiliti dan seterusnya mengalami larut resap semasa luluhawa, ini menyebabkan unsur-unsur tersebut rendah kekekatannya dalam tanah. Kepekatan yang masih boleh dikesan dalam tanah dipercayai terjerap dalam gibsit atau goetit. Cr tinggi dalam tanah kerana unsur ini kurang mobil semasa luluhawa dan dijerap dalam gibsit, goetit dan kaolinit, dan juga boleh terdapat dalam kromit.

RUJUKAN

- BARDOSSY, G. DAN ALEVA, G.J.J., 1990. *Lateritic bauxites*. Developments in Economic Geology, 27. Elsevier.
 DE JONGH, W.K., 1973. X-ray fluorescence analysis applying theoretical matrix corrections. *Stainless steel*. X-ray

- Spectrometry*, 2(151).
- DE JONGH, W.K., 1979. The atomic number $z = 0$: Loss and gain on ignition in XRF analysis treated by the JN-Equations. *X-ray Spectrometry*, 8(52).
- EVANS, A.M., 1989. *Pengantar geologi bijih*. Terjemahan Wan Fuad Wan Hassan. Kuala Lumpur, Dewan Bahasa dan Pustaka.
- GRUBB, P.L.C., 1970. Mineralogy, geochemistry and genesis of the bauxite deposits on the Gove and Mitchell Plateaux, Northern Australia. CSIRO, Melbourne, Australia: University of Melbourne.
- MORDBERG, L.E., 1993a. Patterns of distributions and behaviour of trace elements in bauxites. *Chemical Geology*, 107, 241–244.
- MORDBERG, L.E., 1993b. Impact of crystalline basement magmatic rock composition on the geochemistry of bauxites types. *Chemical Geology*, 107, 245–249.
- NAHON, D.B., 1991. Self-organization in chemical lateritic weathering. *Geoderma*, 51, 5–13.
- NORRISH, K. DAN 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.
- NORTON, S.A., 1973. Laterite and bauxite formation. *Economic Geology*, 68, 353–361.
- PATTERSON, S.H., KURTZ, H.F., OLSON, J.C. DAN NEELEY, C.L., 1986. Bardossy, G. dan Aleva, G.J.J., 1990 (Eds.), *Lateritic Bauxites*. Developments in Economic Geology, 27, Elsevier.
- PETERSON, U., 1976. Laterite and bauxite formation. *Economic Geology*, 57, 1185–1206.
- TARDY, Y. DAN NAHON, D., 1985. Geochemistry of laterites, stability of Al-Goethite, Al-Hematite and Fe^{3+} . Kaolinite in Bauxites and Ferricretes: An approach to the mechanism of concretion formation. *Amer. Journal of Science*, 285, 865–903.
- TROLARD, F. DAN TARDY, Y., 1987. The stabilities of gibbsite, boehmite, aluminous goethites and aluminous hematites in bauxites, ferricretes and laterites as a function of water activity, temperature and particle size. *Geochim. Et Cosmochim. Acta*, 51, 945–957.
- TROLARD, F. DAN TARDY, Y., 1989. A model of Fe^{3+} -kaolinite, Al^{3+} -goethite, Al^{3+} -hematite equilibria in laterites. *Clay Minerals*, 224, 1–21.
- VALETON, I., 1972. *Bauxites*. Elsevier Publishing Company.
- WOLFENDEN, E.B., 1965. Geochemical behaviour of trace elements during bauxite formation in Sarawak, Malaysia. *Geochim. Et Cosmochim. Acta*, 29, 1051–1062.

Manuscript received 18 May 1996