

Beberapa aspek penggunaan teknik analisis pengaktifan neutron dalam kajian geologi

MOHD. SUHAIMI HAMZAH, ABD. KHALIK HJ. WOOD,
ZAINI HAMZAH DAN CHE SEMAN MAHMOOD

Unit Tenaga Nuklear,
Komplek PUSPATI,
Bangi, 43000 Kajang,
Selangor

Abstrak : Analisis pengaktifan neutron (Neutron Activation Analysis) merupakan teknik analisis yang telah banyak digunakan dalam kajian geologi. Kegunaannya yang meluas adalah disebabkan oleh kepekaannya, kebolehsuaian (adaptability) terhadap jenis-jenis sampel dan kebolehannya memberikan maklumat unsur yang banyak serentak. Rawatan kimia tidak perlu bagi teknik ini, oleh itu masalah gangguan bahan kimia terhadap analisis tidak timbul. Pemilihan masa penyinaran dan penyejukan yang sesuai boleh mengurangkan gangguan daripada unsur-unsur yang mengganggu (interference elements).

Kertas kerja ini membincangkan mengenai teknik analisis pengaktifan neutron, kemudahan teknik ini di Unit Tenaga Nuklear, penganalisan contoh dari USGS dan AECL dan penggunaannya dalam kajian geologi seperti analisis emas, unsur-unsur nadir, uranium dan torium.

PENDAHULUAN

Sejak penemuan oleh Hevesy dan Levy dalam tahun 1936, teknik analisis pengaktifan neutron, APN (neutron activation analysis) telah diperkembang dengan pesatnya dan telah menjadi suatu teknik analisis yang penting. Perkembangan ini sejajar dengan penciptaan pengesanan semikonduktor yang mempunyai resolusi yang tinggi dan ditambah dengan penggunaan komputer sehingga teknik ini boleh dijalankan secara automatik. Keterangan tentang kaedah analisis secara terperinci ke atas sampel-sampel batuan dengan kaedah instrumental menggunakan pengesanan gama beresolusi tinggi telah mula dilapurkan oleh Gordon dan rakan-rakannya (1968). Di Malaysia penggunaan teknik ini dalam analisis sampel-sampel geologi telah dimulakan oleh Chakraborty dan rakan-rakan (1980). Seterusnya dengan terdirinya reaktor TRIGA Mk II dalam tahun 1982 di PUSPATI teknik ini telah dapat diperkembangkan untuk kepentingan analisis secara meluas di Malaysia (Mohd. Suhaimi Hamzah dan Che Seman Mahmood, 1987; Sukiman Sarmani dan rakan-rakan, 1988; Che Seman Mahmood dan rakan-rakan, 1987).

Di antara beberapa fakta kebaikan yang menarik dan mempengaruhi penggunaan teknik ini secara meluas ialah :

1. Kepekaan yang sangat tinggi untuk kebanyakan unsur-unsur (lihat Jadual 1).
2. Banyak unsur dapat dikesan dalam satu masa (sangat ekonomi untuk analisis berbagai unsur).
3. Mudah dilakukan (kerana tidak perlu melibatkan proses-proses kimia basah).
4. Sampel boleh dianalisis tanpa memerlukan penambahan atau pencemaran bahan kimia dan tiada 'reagent blank'.

PRINSIP DAN PERALATAN ANALISIS PENGAKTIFAN NEUTRON (APN)

Teknik ini melibatkan proses penyinaran sampel dengan arus neutron yang menyebabkan sebahagian atom di dalam sampel menjadi aktif. Radionuklid-radionuklid terhasil memancarkan sinar gama pada paras tenaga tertentu dan merupakan ciri kepada radionuklid-radionuklid. Sinar gama yang dipancarkan boleh diukur menggunakan pengesanan gama dan seterusnya jenis unsur dan kepekatannya akan dapat ditentukan berdasarkan tenaga dan keamatannya.

Dalam kerja-kerja analisis pengaktifan neutron yang biasa dijalankan sampel dan piawai disinarkan dan dibilang menggunakan kemudahan dan parameter yang sama dengan ini kepekatan unsur-unsur tertentu di dalam sampel, C_x dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$C_x = \frac{A_x X C_s}{A_s}$$

di mana A_x = aktiviti radionuklid berkenaan di dalam sampel

A_s = aktiviti radionuklid berkenaan di dalam piawai

C_s = kepekatan unsur berkenaan di dalam piawai

Kepekaan teknik ini pada asasnya ditentukan oleh faktor-faktor berikut :

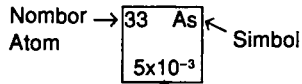
1. Fluk neutron
2. Keratan rentas neutron
3. Masa penyinaran
4. Berat sampel
5. Kecekapan pengesanan

Jadual 1 : Kepekaan* analisa pengaktifan unsur-unsur dalam susunan berkala (data dari General Atomic)

1 H															2 He		
NA															NA		
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
8×10^{-4} p	15.p											1.1p	0.1c	1.c	1.c	0.4	2.
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4×10^{-3}	0.5											4×10^{-3}	1.FS	0.2b	4. FSb	0.05	0.002
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
0.2	4.	1×10^{-3}	0.1	2×10^{-3}	0.3	1×10^{-4}	2. FS	0.01	0.7	2×10^{-3}	0.1	0.002	0.1	0.005	0.01	0.003	0.1
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
0.02	5×10^{-3}	0.4	0.8	3.	0.1	NA	0.04	5×10^{-3}	0.03	4×10^{-3}	5×10^{-3}	6×10^{-5}	0.03	0.007	0.003	0.002	0.1
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
1×10^{-3}	0.02	5×10^{-3}	6×10^{-4}	0.1	4×10^{-3}	8×10^{-4}	1.	3×10^{-4}	0.1	5×10^{-4}	0.08	1.b	0.5p	1.b	NA	NA	NA
87 Fr	88 Ra	89 Ac															
NA	NA	NA															

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
0.2	0.03	0.03	NA	0.001	0.0001	0.007	0.03	3×10^{-5}	0.003	0.002	0.2	0.02	0.0003
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lw
0.2	NA	0.003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Petunjuk



↑
Kepekaan dalam mikrogram

N.B.

* (Kepekaan diberi dalam mikrogram (10^{-6} g) daripada unsur semulajadi yang terdapat dalam keseluruhan contoh dan ditentukan oleh Servis Analisa Pengaktifan Neutron dari General Atomic)

FS – spectrum Neutron Laju daripada fission b – Pembilangan Beta

p – Pulse reaktor c – memerlukan sinaran Bremsstrahlung

NA – Analisa tidak dilakukan di General Atomic

6. Masa pembilangan

Peralatan asas yang diperlukan untuk menjalankan analisis menggunakan teknik ini ialah penjana neutron dan sistem pengesanan sinar gama. Kemudahan peralatan APN yang terdapat di Unit Tenaga Nuklear (UTN) diberikan dalam Jadual 2.

PROGRAM KETENTUAN KUALITI

Mutu setiap analisis dikaji dengan menganalisis bahan-bahan rujukan piawai (dibekalkan oleh USGS dari IAEA) dan membandingkan hasil analisis yang diperolehi dengan nilai-nilai kepekatan yang disahkan. Apabila terdapat sebarang keraguan prosidiur analisis akan dikaji semula dan kerja-kerja analisis diulangi dengan menggunakan prosidiur yang lebih sesuai sehingga memperolehi hasil yang memuaskan. Untuk menilai kaedah-kaedah yang digunakan makmal ini juga turut mengambil bahagian dalam program perbandingan analisis dengan makmal-makmal lain di dalam dan luar negara.

PENGGUNAAN TEKNIK APN DALAM KAJIAN GEOLOGI

Sebagai suatu kaedah analisis berbagai unsur

Teknik ini telah mendapat tempat yang baik sebagai suatu teknik yang cukup sensitif dan boleh dipercayai untuk analisis berbagai jenis unsur sampel-sampel geologi. Maklumat dari analisis berbagai unsur ini bukan sahaja membawa kepada penemuan terus kepada longgokan logam-logam berharga tetapi juga sebagai petunjuk kepada penemuan lokasi longgokan mineral bernilai, berasaskan kandungan kumpulan-kumpulan unsur surih dan gabungan kajian lapangan (Winchester, 1971). Ciri-ciri kebaikan teknik ini juga menyebabkan ianya telah memainkan peranan penting dalam proses-proses persijilan bahan-bahan rujukan piawai (Lindstrom, 1987). Selain itu teknik ini juga boleh digunakan dalam mempiawai atau menguji kaedah-kaedah analisis lain.

Di UTN analisis berbagai unsur ini biasanya dijalankan dengan kaedah instrumentasi (Instrumental Neutron Activation Analysis), di mana sampel-sampel yang telah homogen ditimbang (berat antara 100-500 mg) ke dalam vail poliethilen yang sesuai. Piawai biasanya disediakan dengan memindahkan larutan-larutan piawai ke dalam vail yang mengandungi SiO_2 berketulinan tinggi dan dikeringkan. Kadang-kadang piawai sintetik atau juga bahan rujukan piawai digunakan menggantikan piawai primer. Sampel dan piawai disinarkan di dalam reaktor, disejukkan dan dihitungkan mengikut skim tertentu. Skim penyinaran, masa penyejukan dan masa pembilangan serta radioisotop dan tenaga yang digunakan dalam analisis rutin di unit ini diberikan dalam Jadual 3. Analisis bahan rujukan piawai SGR dari USGS telah dijalankan sebagai ujian

Jadual 2 : Kemudahan peralatan analisis pengaktifan neutron (APN) di Unit Tenaga Nuklear (UTN)

<p>1. Punca Neutron - Reaktor TRIGA MK II</p> <p>Kuasa maksima - 1 mW</p> <p>Arus neutron maksima</p> <p>i. Thermal $4 \times 10^{12} \text{n.sm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$</p> <p>ii. Epithermal $5 \times 10^{12} \text{n.sm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$</p> <p>Kemudahan penyinaran</p> <p>Rak berputar</p> <p>Sistem penghantar pneumatik</p> <p>Thermal column</p>
<p>2. Spektrometer gamma</p> <p>Pengesan - Hyperpure Germanium</p> <p>Resolution 1.9 keV pada 1332 keV (^{60}Co)</p> <p>Kecekapan 20% berbanding dengan NaI 3 X 3</p> <p>Bias supply, Pre-amplifier, Amplifier</p> <p>ADC dan MCA</p> <p>Nuclear Data</p> <p>ORTEC ACE CARD</p> <p>Komputer dan software analisis</p> <p>ND 6680 dan NAA package Nuclear Data</p> <p>Komputer personal</p> <p>Software ORTEC</p> <p>Software SPEDAC</p> <p>Software SPAN</p>

Jadual 3 : Analisis pengaktifan neutron secara rutin

Prosedur	Unsur	Nuklid	Sepuluh Hayat	Sinar Gama (KeV)	
I. Penyinaran 1 - 5 minit Penyejukan 10 - 20 minit Masa Pembilangan 300 S	Al	²⁸ Al	2.32 minit	1779	
	V	⁵² V	3.75 "	1434	
	Ti	⁵¹ Ti	5.79 "	320	
	Ca	⁴⁹ Ca	8.80 "	3083	
	Mg	²⁷ Mg	9.46 "	1014	
	Br	⁸⁰ Br	17.60 "	617	
	I	¹²⁸ I	25.00 "	443	
	Cl	³⁸ Cl	37.32 "	2168	
	Ba	¹³⁹ Ba	1.38 jam	166	
	Dy	¹⁶⁵ Dy	2.32 "	95	
	Mn	⁵⁶ Mn	2.58 "	847, 1811	
	Sr	⁸⁷ Sr	2.83 "	388	
	Penyejukan 24 jam Masa Pembilangan 1200 - 3600 S	Eu	^{152m} Eu	9.20 jam	122
		K	⁴² K	12.40 "	1525
Ga		⁷² Ga	14.10 "	834	
Na		²⁴ Na	15.00 "	1368, 2754	
II. Penyinaran 6 - 12 jam Penyejukan 5 - 7 hari Masa Pembilangan 3600 - 7200 S	W	¹⁸⁷ W	24.00 jam	686	
	As	⁷⁵ As	26.40 "	559	
	Br	⁸² Br	32.40 "	555, 776	
	La	¹⁴⁰ La	40.20 "	1596	
	Sm	¹⁵³ Sm	46.80 "	103	
	U	²³⁹ Np	2.35 hari	228, 278	
	Au	¹⁹⁸ Au	2.70 "	412	
	Sb	¹²² Sb	2.70 "	564	
	Yb	¹⁷⁵ Yb	4.20 "	396	
	Lu	¹⁷⁷ Lu	6.70 "	208	
	Penyejukan 20 -30 hari Masa Pembilangan 3600 - 7200 S	Nd	¹⁴⁷ Nd	11.10 hari	531
Ba		¹³¹ Ba	12.00 "	496	
Rb		⁸⁶ Rb	18.70 "	1077	
Th		²³⁹ Pa	27.00 "	312	
Cr		⁵¹ Cr	27.80 "	320	
Yb		¹⁶⁹ Yb	32.00 "	177, 198	
Ce		¹⁴¹ Ce	32.50 "	145	
Hf		¹⁸¹ Hf	42.50 "	482	
Fe		⁵⁹ Fe	45.10 "	1099, 1292	
Sb		¹²⁴ Sb	60.90 "	603	
Zr		⁹⁵ Zr	65.50 "	757	
Tb		¹⁶⁰ Tb	72.10 "	879	
Sc		⁴⁶ Sc	83.80 "	889, 1121	
Ta		¹⁸² Ta	115.00 "	1221	
Zn		⁶⁵ Zn	244.00 "	1116	
Cs		¹³⁴ Cs	2.05 tahun	796	
Co		⁶⁰ Co	5.25 "	1173, 1332	
Eu	¹⁵² Eu	12.70 "	122, 1408		

kepada kaedah rutin ini. Keputusan analisis ditunjukkan dalam Jadual 4. Keputusan yang diperolehi pada keseluruhannya bersesuaian dengan nilai-nilai yang diterbitkan.

Analisis emas dalam sampel geologi

Emas merupakan logam yang sangat mudah dan peka untuk dianalisis secara instrumentasi menggunakan teknik APN. Terdapat berbagai jenis kaedah menggunakan APN yang boleh disesuaikan mengikut jenis bahan yang hendak dianalisis (Hoffman, 1987; Abdul Khalid dan rakan-rakan, 1986; Hoffman dan Ernst, 1982; Laul, 1979). Dalam sampel-sampel batuan, tanah dan sedimen kandungan emas sehingga ke paras 5 ppb boleh dikesan dengan menggunakan 1 g sampel (Hoffman, 1987). Namun demikian perkara yang menjadi masalah penting ialah faktor ketidakhomogen logam ini dalam sampel berkenaan. Ini kerana emas biasanya wujud dalam bentuk logam tulin dan lembut dan tidak mudah dihancurkan atau dihomogenkan bersama matriknya (Hoffman, 1987).

Dalam air semulajadi, analisis emas menggunakan teknik APN telah dijalankan di setengah-setengah negara. Biasanya sampel-sampel dianalisis dirawat dengan melibatkan proses-proses pemekatan atau penjerapan pada bahan-bahan lain seperti karbon teraktif sebelum dianalisis secara APN (Hamilton dan rakan-rakan, 1983).

Penjelajahan emas menggunakan kaedah biogeokimia telah dilakukan di Kanada dan Amerika Syarikat (Hoffman dan Brooker, 1985). Di antara tumbuhan petunjuk yang telah digunakan ialah Sagebrush (*Artemisia* Sp.) dan douglas-fir (*pseudotsuga manziesii*) (Erdman dan Olson, 1985).

Ketidakhomogenan Au dalam tanah, sedimen dan batuan diatasi dengan menggunakan kuantiti sampel yang besar semasa analisis, untuk mendapatkan maklumat kandungan yang lebih 'representative'. Di makmal ini kajian telah dijalankan menggunakan 5-15 g sampel dan dianalisis menggunakan parameter penentuan yang telah diubahsuai. Had pengukuran yang didapati ialah di sekitar 5-10 ppb. Adalah dijangka dengan menambahkan lagi kuantiti sampel yang dianalisis dan menggunakan replikasi yang banyak masalah ketidakhomogenan akan dapat diatasi.

Kajian jerapan logam emas terlarut dalam air di atas karbon teraktif telah dijalankan di makmal ini. Hampir 100% unsur ini didapati terjerap pada karbon teraktif. Had pengukuran emas dalam air sehingga 0.005 ug/L dapat dicapai dengan menggunakan isipadu air sebanyak 200 ml.

Dalam aspek penggunaan biogeokimia, kajian awal potensi penggunaannya telah dijalankan di makmal ini dengan kerjasama Jabatan Sains Nuklear, UKM. Kajian yang telah dijalankan terhadap beberapa jenis tumbuhan tempatan yang dipungut di beberapa kawasan di sepanjang jalan Kuala Lipis-Gua

Jadual 4 : Analisis berbagai unsur dalam sampel USGS SGR-1
(Kepekatan dalam ppm, kecuali dinyatakan)

Unsur	Kepekatan diperolehi	Abbey [®]	Flanagan [‡]	Govindaraju [‡]	Walthall [‡]
Al (%)	3.20	3.30	3.57		
Fe (%)	2.14	1.99	2.25	1.88	
Na (%)	2.22	2.17			
K (%)	1.45	1.61			
As	53.90	66.20			
Ba	353.00	310.00	361.00		320.00
Ce	43.30	38.00		31.00	40.00
Co	13.25		9.96	10.30	12.80
Cs	6.97	5.32			5.35
Eu	0.63	0.53		0.52	0.60
Hf	1.43	1.37		1.31	1.34
La	22.30	18.80	31.70		
Lu	0.24	0.20			
Nd	15.16	16.00			16.30
Rb	88.00	78.00			82.00
Sb	3.80	3.40	3.10		3.00
Sc	5.40			4.78	5.10
Sm	2.38	2.87			2.80
Ta	0.71			0.22	0.52
Tb	0.19	0.43		0.34	0.35
V	134.90	130.00			
Th	5.76	4.90		4.86	4.90

[®] Abbey, S., Geostandard Newsletter, 2, 1978.

[‡] Flanagan, F.J., Geological Survey (US) Professional Paper, 840, 1976.

[‡] Govindaraju, K. and Reolandts, I., Geostandard Newsletter, 1, 1977.

[‡] Walthal, F.G., *et al.*, Geol. Survey (US) Professional Paper, 840, 1976.

Musang telah dijalankan (lihat Jadual 5). Dari keputusan ini kandungan emas dalam tumbuhan sehingga ke paras 43 ppb telah didapati. Adalah dipercayai dengan kajian yang lebih sistematik tumbuhan petunjuk yang sesuai akan ditemui dan kaedah carigali biogeokimia ini boleh membantu dalam kerja-kerja carigali emas di negara ini.

Selain dari emas, unsur-unsur yang ada kaitan dan penting dalam carigali emas seperti Ag, As, Sb dan W dapat dianalisis menggunakan teknik ini.

Analisis unsur-unsur nadir bumi (rare earth elements)

Unsur-unsur nadir bumi adalah merupakan satu kumpulan unsur yang sangat penting dalam kajian geokimia. Minat yang semakin bertambah tentang geokimis unsur-unsur ini ialah kerana kebolehannya memberikan maklumat mengenai proses-proses genesis (Moller dan rakan-rakan, 1980; Haskin, 1984).

Buat masa ini kajian tentang geokimia unsur-unsur nadir bumi dalam batuan di Malaysia masih lagi di peringkat permulaan, ini disebabkan kurangnya kemudahan peralatan analisis yang sesuai untuk kajian berkenaan. Menggunakan kaedah APN sekurang-kurangnya 9 jenis unsur nadir bumi (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb dan Lu) dapat analisis dengan ketepatan yang memuaskan. Contoh plot unsur-unsur nadir bumi yang telah diselaraskan dengan nilai kondrit diberikan dalam Rajah 1.

Analisis unsur-unsur uranium dan torium

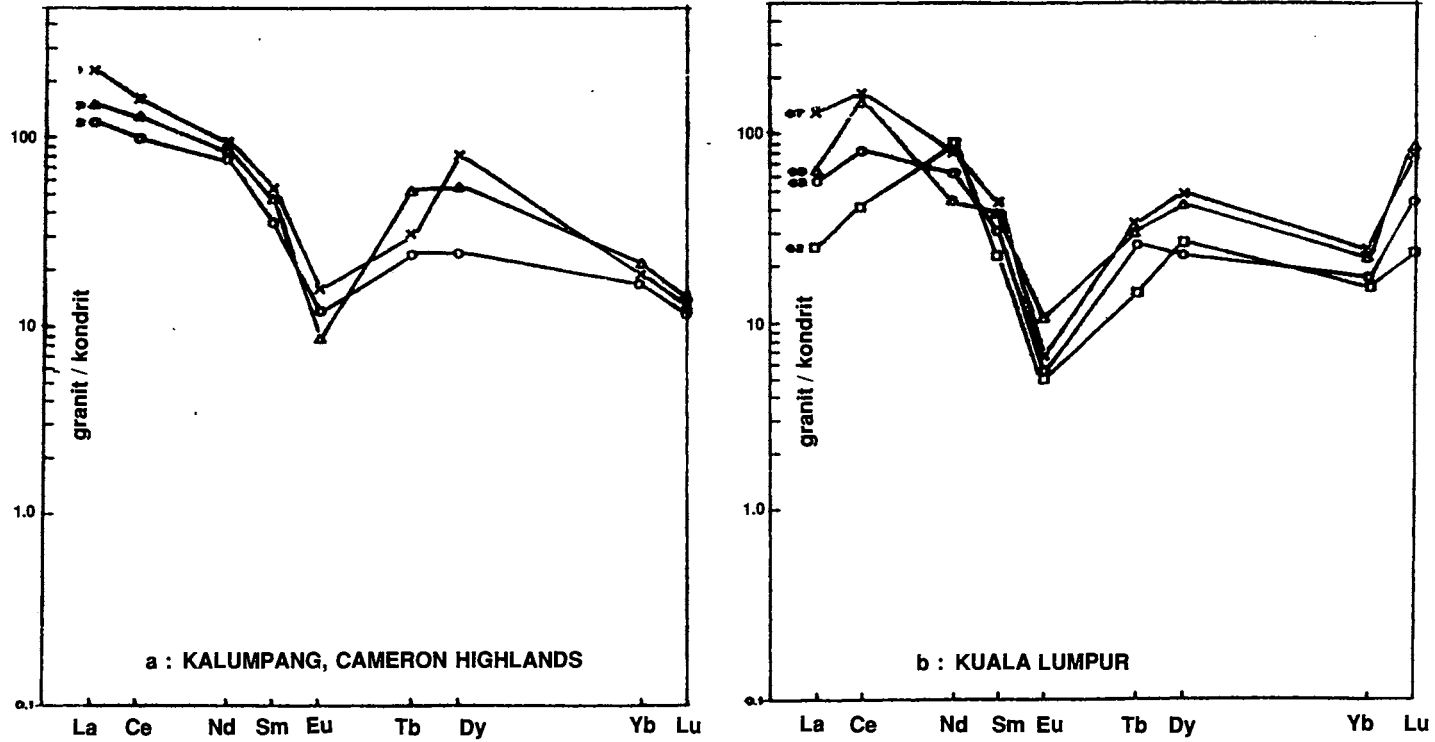
Analisis uranium dan torium tidak kurang pentingnya dalam bidang geologi terutamanya untuk kerja-kerja carigali logam-logam tersebut. Had pengesanan yang boleh dicapai oleh teknik APN untuk analisis kedua-dua unsur tersebut secara rutin ialah 1 ppm. Selain daripada itu di unit ini juga terdapat kemudahan analisis neutron tertunda (delayed neutron analysis) yang sangat sensitif dan cepat untuk analisis unsur U dalam sampel-sampel geologi dan sebagainya. Hasil analisis ke atas sampel-sampel mineral menggunakan kedua-dua teknik diberikan dalam Jadual 6. Selain daripada sampel-sampel pepejal teknik APN juga berkebolehan menganalisis unsur-unsur U dan Th dalam sampel air setelah dilakukan proses pemekatan. Had pengesanan unsur-unsur tersebut yang boleh dicapai untuk analisis sampel-sampel air ialah sehingga 0.2 ug/L.

KESIMPULAN

Pada umumnya ciri-ciri yang terdapat pada teknik APN adalah cukup memuaskan walaupun bukan sebagai yang terbaik dari segi kepekaan, tetapi teknik ini menawarkan kebolehan analisis secara instrumentasi yang terbaik. Sudah sepatutnya ia menjadi suatu teknik penting dalam kajian geologi dan

Jadual 5 : Kandungan emas (ug/kg) dalam sampel tanah dan tumbuhan mengikut kawasan

Nama Tempat (Au dalam tanah) Sampel	Kod	Famili	Genus dan Spesies	Au dalam tumbuhan
1. Empang Jalih, Kuala Lipis, (6.2±0.5)	2257	MYRTACEAE	<i>Eugenia longiflora</i>	8.0±1.0
	2258	EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga laciniata</i>	17.0±1.2
	2259	RHAMNACEAE	<i>Zizyphus calophylla</i>	5.8±0.5
	2260	MYRTACEAE	<i>Eugenia diospyrifolia</i>	10.0±0.6
2. Hutan Lipur Terenggun. (10.6±1.0)	2261	FABACEAE	<i>Millettia atropurpurea</i>	9.4±1.0
	2262	SAPOTACEAE	<i>Palaquim maingayi</i>	8.9±0.7
	2263	MYRTACEAE	<i>Rhodonia trivernia</i>	5.1±0.6
	2265	DIPTEROCARPACEAE	<i>Dipterocarpus crinitus</i>	5.1±0.3
	2266	FAGACEAE	<i>Castanopsis</i> sp.	3.0±0.5
	2267	EUPHORBIACEAE	<i>Endospermum malaccenses</i>	9.7±1.0
	2268	MORACEAE	<i>Artocarpus nitidus</i>	14.7±1.0
	2270	FLACOURTACEAE	<i>Flacourtia rukam</i>	26.7±2.1
3. Km 16, Jalan Padang Tengku (8.5±1.2)	2273	DIPTEROCARPACEAE	<i>Shorea leprosula</i>	19.2±2.0
	2275	MYRTACEAE	<i>Eugenia diospyrifolis</i>	5.5±0.7
	2285	EUPHORBIACEAE	<i>Endospermum malaccenses</i>	16.7±1.2
	2286	EUPHORBIACEAE	<i>Homolanthus populneus</i>	10.1±1.0
4. Kg. Berchang Telang (4.8±0.5)	2287	RUBIACEAE	<i>Greenia corymbosa</i>	11.6±0.8
	2288	THEACEAE	<i>Eurya accuminata</i>	6.3±0.5
	2289	LECYTHIDACEAE	<i>Barringtonia</i> sp.	16.0±1.2
5. Kg. Kecau Tui (6.2±0.4)	2290	MYRISTICACEAE	<i>Knema laurina</i>	17.0±1.5
	2291	LECYTHIDACEAE	<i>Barringtonia macrostachya</i>	10.2±0.8
	2292	APOCYNACEAE	<i>Cyera costulata</i>	4.0±1.0
6. FELDA Kecau 3 (2.5±1.0)	2293	OLACACEAE	<i>Ochanostachys</i>	5.2±0.7
	2294	DIPTEROCARPACEAE	<i>Shorea parvifolis</i>	5.2±0.5
	2295	DIPTEROCARPACEAE	<i>Shorea bracteolata</i>	10.8±0.6
	2296	EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga laciniata</i>	10.4±0.8
7. Km 251, Jalan Kota Bharu (6.2±0.5)	2297	RUBIACEAE	<i>Uncaria calopylla</i>	15.1±1.2
	2298	MYRSINACEAE	<i>Maesa ramentaceae</i>	5.0±1.0
	2299	VERBENACEAE	<i>Vitex gamosepala</i>	10.1±0.8
	2301	MYRSINACEAE	<i>Maesa ramentaceae</i>	14.0±1.0
8. Lombong emas Sg. Merapuh (7.2±0.8)	2302	DIPTEROCARPACEAE	<i>Shorea ovalis</i>	42.5±3.1
	2303	EUPHORBIACEAE	<i>Sapium baccatum</i>	9.2±0.8
	2304	FAGACEAE	<i>Lithocarpus</i> sp.	13.4±1.5
	2305	EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga tanarius</i>	3.5±0.5
	2307	EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga tanarius</i>	6.4±0.6
9. Sg. Merapuh	2308	MORACEAE	<i>Ficus variegata</i>	3.9±0.5
	2310	FABACEAE	<i>Millettia hemsleyana</i>	5.0±0.4



Rajah 1 : Plot kelimpahan unsur-unsur nadir bumi dalam batuan granit diselaraskan dengan nilai kondrit

Jadual 6 : Keputusan analisis uranium dalam monazite menggunakan teknik APN dan analisis neutron tertunda (DNA) (Winchester, 1971)

Sampel monazite	DNA - AECL* (ppm)	DNA - UTN (ppm)	APN (ppm)
Beh Pucong	1864	2116	1700
BTM Bidor	1878	2795	1600
Kawasan Kita	1848	-	2020
Air Hitam Dreg. Puchong	1756	-	1640
Modal Seri Pandan	1288	1615	1060
Kump. Perangasang	1726	1887	2105
Marec Ipoh	1846	1930	1440

* AECL : Atomic Energy Canada Ltd

dieksplorasi dengan sepenuhnya. Selain daripada unsur-unsur yang dibincangkan masih banyak lagi unsur-unsur atau kegunaan-kegunaan lain yang perlu diterokai. Analisis terhadap unsur-unsur kumpulan Pt (Rh, Pd, Os, Ir, Pt dan Ru) misalnya boleh ditawarkan oleh teknik AKPN dan mungkin memberi kesan yang besar dalam bidang carigali logam di negara ini.

RUJUKAN

- ABDUL KHALID, H.W., MOHD. SUHAIMI, H. dan CHE SEMAN, M., 1986. Analisis emas dalam contoh tanah, batuan dan endapan sungai dengan kaedah analisis pengaktifan neutron. *J. Sains Nuklear Malaysia*, 4 No.2.
- CHAKRABORTY, K.R., SITA RAM, G., SHARIFAH BERLIAN AIDID, 1980. Rare earth element abundance pattern in alkaline basaltic lavas of Kuantan, Peninsular Malaysia. *Buletin Persatuan Geologi Malaysia*, No. 13, 103-111.
- CHE SEMAN MAHMOOD, MOHD. SUHAIMI HAMZAH dan SUKIMAN SARMANI, 1987. Analisis emas dalam sampel biogeokimia dengan teknik pengaktifan neutron. *Prosiding simposium kimia analisis kebangsaan pertama*, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- ERDMAN, J.A., dan OLSON, J.C., 1985. The use of plant in prospecting for gold : a brief overview with a selected bibliography and topic index. *J. Geochem. Explor.* 24. 281-304.
- GORDON, G.E., RANDLE, K., GOLES, G.G., CORLISS, J.B., BEESON, M.H. and OXLEY, S.S., 1968. Instrumental activation analysis of standard rocks with high-resolution detectors. *Geochimica Cosmochimica Acta*. Vol. 32, 369-396.
- HAMILTON, T.W., ELLIS, J., FLORENCE, T.M. and FORDY, J.J., 1983. Analysis of gold in surface matters from Australian goldfields : An investigation into direct hydrogeochemical prospecting for gold. *Econ. Geol.*, 78, 1335.
- HASKIN, L.A., 1984. Petrogenetic modelling - use of rare earth elements. In . Henderson, P. (Ed) *Rare earth element geochemistry*. Developments in geochemistry 2, Elsevier Netherland.
- HOFFMAN, E.L., 1987. The role of INAA as compared to conventional method of analysis for geological samples in Canada. In Henderson, P. (Ed.) *Rare earth element geochemistry*. Developments in geochemistry 2. Elsevier Netherland.

- HOFFMAN, E.L. and BROOKER, E.J., 1985. Biogeochemical prospecting for gold with reference to some Canadian gold deposits. In Carlisle, Berry, Materson & Kaplan (Eds.) Rubey special volume 5, chapter 9, *Mineral Exploration & Biological Systems and Organic Matters* Prentice Hall.
- HOFFMAN, E.L., and ERNST, P.C., 1982. Analytical geochemistry advanced by neutron activation. *Journal of Radioanal. Chem.* Vol. 71, No. 1-2, 447-462.
- JAMALIAH, S. dan ZULKAFI G., 1987. Penentuan uranium di dalam Monazite dengan kaedah florimetri. *Prosiding simposium kimia analisis kebangsaan pertama*, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- LAUL, J.C., 1979. Neutron activation analysis of geological materials, *Atomic Energy Reviews* 17, 603-692.
- LINDSTROM, R.M., 1987. Nuclear analytical methods in Standards Certification IAEA-TECDOC-435. *Proceedings of an advisory group meeting on comparison of nuclear analytical methods with competitive methods, IAEA.*
- MOHD. SUHAIMI HAMZAH dan CHE SEMAN MAHMOOD, 1987. Analisis unsur-unsur nadir bumi dalam batuan dengan kaedah analisis pengaktifan neutron. *Prosiding simposium kimia analisis kebangsaan pertama*, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- MOLLER, P., DULSKI, P., SCHLEY, F., LUCK, J. and SZACKI, W., 1980. A new way of interpreting trace element concentrations with respect to modes of mineral formation. *Developments in Economic Geology, 15 : Geochemical Exploration 1980*, Elsevier Scientific Publishing Company.
- SUKIMAN SARMANI, WAN FUAD WAN HASSAN dan NGAI, H., 1988. Analisis pengaktifan neutron unsur-unsur nadir bumi dalam sampel batuan granit Gunung Ledang, Johor. *Prosiding simposium kimia analisis kedua*, Universiti Sains Malaysia.
- WINCHESTER, J.W., 1971. Activation analysis in mineral prospecting. *Proceeding of a panel on nuclear techniques for mineral exploration and exploitation, IAEA.*

Manuskrip diterima 4hb. Julai 1987.

Manuskrip 'revised' diterima 23hb. Oktober 1989.