

PENENTUAN UNSUR KELUMIT DALAM CUPLIKAN BATUAN DENGAN METODA ANALISIS PENGAKTIPAN NEUTRON

Sri Wardani, Edison Sihombing, Amir Hamzah, Sarwani

ABSTRAK

PENENTUAN UNSUR KELUMIT DALAM CUPLIKAN BATUAN DENGAN METODA ANALISIS PENGAKTIPAN NEUTRON. Unsur-unsur kelumit di dalam cuplikan batu perhiasan *Rubi* dan *Alexander* ditentukan dengan metoda analisis pengaktipan neutron (*APN*). Masing-masing cuplikan diradiasi pada posisi *CIP* selama 2 jam pada daya 25 MW dan fluks neutron $1,1 \times 10^{14}$ n.cm⁻².s⁻¹ dan dalam *Sistim Rabbit* selama 30 menit pada daya 22 MW dan fluks neutron $3,5 \times 10^{12}$ n. cm⁻².s⁻¹. Setelah mengalami pendinginan beberapa lama, cuplikan dianalisis dengan metoda *APN* untuk menentukan kandungan unsur yang dikandungnya. Pada metoda *APN*, dilakukan analisis cuplikan dengan spektrometer sinar-gamma dengan menggunakan detektor HPGc. Dari hasil analisis dapat ditentukan kandungan unsur di dalam cuplikan batu *Rubi* adalah Na-24, Co-60 dan Cr-51. Sedangkan untuk cuplikan batu *Alexander* adalah Zr-95, Sc-46, Ag-108m, Hf-181, Tc-182, Tm-170, As-76 dan W-187.

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi di bidang analisis pengaktipan neutron (APN), APN dapat diterapkan untuk menganalisis banyak jenis cuplikan diberbagai bidang ilmu pengetahuan, antara lain : bidang biologi, geologi, industri, kedokteran dll. Pada aplikasi di bidang *geologi*, APN telah banyak digunakan untuk menganalisis kandungan multi unsur kelumit yang terkandung di dalam cuplikan batuan gunung, sungai ataupun pertambangan dan juga batu perhiasan (batu permata).

Pada penelitian ini, telah dilakukan eksperimen terhadap cuplikan batu perhiasan yang dibeli di pasaran (*Rubi dan Alexander*). Cuplikan diiradiasi dan kemudian dilakukan analisis kandungan unsur kelumit yang terkandungnya dengan *metoda spektrometri sinar- γ* dengan menggunakan *detektor HPGe*. Metoda APN adalah metoda analisis yang cukup andal dengan sensitivitas, presisi dan akurasi yang tinggi. Dengan menggunakan metode analisis ini dapat ditentukan banyak unsur kelumit (20 - 40 unsur) secara serentak dalam satu kali waktu pencacahan dan dengan sensitivitas tinggi dapat diperoleh banyak data unsur-unsur kelumit yang terkandung di dalam cuplikan.

Prinsip dasar analisis

Energi neutron meliputi jangkauan neutron cepat (energi rata - rata 2,5 Mev), neutron pada daerah resonansi (1 ev - 1 keV), neutron epitermal (0,1 ev - 1 ev) dan neutron termal (0,025 ev - 0,04 ev). Dengan memilih penempatan cuplikan pada posisi tertentu serta penggunaan filter yang sesuai, maka cuplikan dapat diiradiasi dengan neutron yang tenaganya tertentu. Inti atom di dalam cuplikan yang diiradiasi akan bereaksi dengan neutron sehingga terjadi suatu proses aktivasi yang menghasilkan suatu radionuklida tertentu. Radionuklida yang terbentuk akan menghasilkan pancaran sinar- γ dan mungkin juga sekaligus akan menghasilkan sinar- β . Sinar- γ ama dan sinar- β eta yang dipancarkan mempunyai tenaga yang spesifik dan mencirikan nuklida pemancarnya. Aktivasi dari sinar- γ dan sinar- β yang dihasilkan akan sebanding dengan jumlah radionuklida yang terbentuk. Jumlah radionuklida yang terbentuk akan tergantung dengan kelimpahan isotop alamiahnya, serta sebanding pula dengan massa unsur yang ada di dalam target tersebut.

Dengan melakukan pengukuran terhadap energi sinar- γ yang terbentuk maka dapat ditetapkan unsur yang terkandung di dalam cuplikan. Lebih lanjut, jika setiap energi- γ ini adalah sebanding dengan massa unsur di dalam cuplikan, maka apabila dilakukan pengukuran terhadap setiap sinar- γ , dapat ditetapkan jumlah unsur tersebut.

Pada keadaan cuplikan mengandung unsur W gram dan telah diiradiasi dengan neutron, maka radioaktivitas yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [2] :

$$A = \frac{W \cdot \theta \cdot N_A}{M} f \cdot \sigma \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

Keterangan :

A : Aktivitas radionuklida (s^{-1})

W : Berat unsur (g)

M : Berat atom dari unsur (g/mol)

N_A : Bilangan Avogadro ($6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

θ : Koefisien kelimpahan target radionuklida di dalam unsur

f : Densitas fluks neutron termal ($n \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),

σ : Penampang lintang aktivasi (barn)

λ : Kecepatan disintegrasi dari produk radionuklida [$= 0,693/T_{1/2} \text{ (s)}$]

t : Waktu iradiasi neutron (s)

$T_{1/2}$: Umur paruh radionuklida

Disini M, N_A , σ dan λ berkaitan dengan karakteristik unsur yang dianalisis. Untuk meninggikan harga A dapat dilakukan beberapa cara yaitu : memperpanjang waktu iradiasi neutron (t), menambah densitas fluks neutron termal (f) dan berat cuplikan (W). Pada penambahan berat cuplikan, ada masalah-masalah yang harus diselesaikan, yaitu tentang keseragaman fluks neutron, faktor perisaidiri pada waktu iradiasi dan kondisi kapsul iradiasi. Lebih lanjut, pada penambahan rapat fluks neutron termal memerlukan fasilitas iradiasi yang sesuai. perpanjangan waktu iradiasi didasarkan pada kondisi iradiasi akan

tergantung pada posisi iradiasi di dalam reaktor. Pada analisis aktivasi, dengan adanya pancaran sinar γ yang mempunyai energi yang berbeda tergantung pada jenis radionuklida yang dihasilkan, maka dengan memperhatikan sinar- γ spesifik dan aktivitas yang dihasilkan (A), selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap nilai pencacahan (R) dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [2]:

$$R = A \cdot I \cdot \varepsilon = W \frac{N_A \cdot I \cdot \theta \cdot \sigma \cdot \varepsilon}{M} f \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \quad (2)$$

dimana :

I : Intensitas absolut sinar-gamma (pada rasio ketika memancarkan sinar- γ spesifik dan terdisintegrasi adalah I)

ε : Effisiensi pencacahan dari detektor yang digunakan.

Secara teoritis dari persamaan (2), nilai R dapat ditentukan, akan tetapi apabila hanya mengukur radioaktivitas absolut R, adanya fluktuasi fluks neutron dan ketidak-pastian penampang lintang aktivasi akan menyulitkan unsur yang dicari. Untuk itu, biasanya digunakan metoda pengukuran perbandingan dengan jumlah yang sudah diketahui dari unsur utama yang dianalisis dengan kondisi iradiasi dan pengukuran yang sama dengan cuplikan yang dianalisis.

METODOLOGI

Persiapan Cuplikan

Cuplikan yang dianalisis adalah batu permata jenis *Rubi* dan *Alexander* yang dibeli di pasar bebas. Sebelum cuplikan diiradiasi dilakukan perlakuan awal terhadap masing-masing cuplikan. Pada perlakuan awal cuplikat, masing-masing cuplikan dibersihkan terlebih dahulu dari semua kotoran yang menempel pada batu permata tersebut dengan dicuci menggunakan acetone dan dibilas dengan air murni dikeringkan dengan udara sampai kering. Kemudian cuplikan yang telah ditimbang dengan masing-masing berat : 1,24, 1,224, 0,64 dan 0,27 mg berturut-turut, dibungkus dengan vial polietilen dan dimasukkan dalam kapsul polietilen dan siap untuk diiradiasi.

Persiapan cuplikan standar referensi

Untuk mengukur dan menghitung unsur-unsur kelumit di dalam cuplikan dengan metode APN dipergunakan metode pembandingan dari unsur-unsur standar referensi. Unsur-unsur standar referensi yang dipergunakan adalah unsur standar referensi yang sama dengan unsur-unsur yang terkandung di dalam cuplikan yang dianalisis dan dipergunakan sebagai unsur pembandingan. Pada penelitian ini, unsur referensi standar yang dipergunakan adalah unsur-unsur *Co*, *Cr* dan *Na* dimana unsur-unsur ini adalah sama dengan unsur-unsur yang terkandung di dalam cuplikan *Rubi*. Cuplikan standar ini diiradiasi pada kondisi iradiasi yang sama dengan kondisi iradiasi cuplikan yang dianalisis dan cuplikan standar ini secara serentak diiradiasi bersama-sama dengan cuplikan yang akan dianalisis.

Iradiasi dan pengukuran sinar- γ

Cuplikan batu permata *Rubi* dan *Alexander* diiradiasi di fasilitas *CIP* dan *sistim Rabbit*. Adapun kondisi iradiasi, kondisi pengukuran sinar- γ dan nuklida yang terdeteksi seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Penentuan unsur-unsur kelumit/pengotor yang terkandung di dalam cuplikan teraktivasi dikerjakan dengan *metoda spektrometer sinar- γ* , yaitu : *metoda spektrometer sinar- γ konvensional* menggunakan detektor HPGe pada 4096 kanal MCA dengan lama pencacahan 200 ~ 1200 detik setelah mengalami peluruhan yang sesuai (4 ~ 20 hari).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kualitatif cuplikan batuan

Cuplikan teraktivasi, setelah didinginkan pada periode waktu yang sesuai, cuplikan dianalisis secara *kualitatif* dengan *metoda APN* dengan menggunakan spektrometer sinar- γ menggunakan detektor HPGe. Lama pencacahan antara 200 ~ 1200 detik dengan jarak 10 ~ 30 cm. Dari hasil analisis, jenis unsur dan energi sinar- γ dari unsur-unsur yang terkandung di dalam cuplikan batuan ditunjukkan dalam Tabel 1 dan hasil analisis kualitatif cuplikan ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Jenis unsur , umur paro dan energy dari unsur-unsur yang terkandung dalam cuplikan batuan.

Jenis Unsur	Umur Paro	Energy, keV
Na-24	14,7 jam	1368,60
W-187	23,9 jam	136,28 ; 134,20
As-76	26,3 jam	1228,50
Ga-72	14,1 jam	61,22
Cr-51	27,7 hari	320,08
Hf-181	42,4 hari	133,03; 345,94 ; 482,18
Zr-95	64 hari	724,20 ; 756,73
Sc-46	83,8 hari	1120,55
Ta-182	115 hari	67,7; 100,3; 1221,4; 1231
Tm-170	128,6 hari	84,30
Co-60	5,27 tahun	1173,24; 1332,5
Ag-108m	127 tahun	614,37

Tabel 2. Hasil analisis kualitatif cuplikan batuan

Cuplikan	Posisi radiasi	Fluks neutron $n.cm^{-2}.s^{-1}$	lama iradiasi	lama pendingin.	lama pencacah.	Nuklida
Rubi (Kalimantan) 1,24 gram	CIP	$1,1 \times 10^{14}$ (termal)	2 jam	7 hari	200 det.	$^{51}Cr, ^{24}Na, ^{60}Co$
				10 hari	600 det	$^{51}Cr, ^{24}Na, ^{60}Co$
Alexander 0,64 gram	CIP	$1,1 \times 10^{14}$ (termal)	2 jam	10 hari	230 det	$^{170}Tm, ^{187}W, ^{182}Ta$ $^{181}Hf, ^{95}Zr, ^{108m}Ag,$ $^{46}Sc, ^{76}As, ^{72}Ga$
				19 hari	300 det	$^{170}Tm, ^{187}W, ^{182}Ta$ $^{181}Hf, ^{95}Zr, ^{108m}Ag,$ $^{46}Sc, ^{76}As, ^{72}Ga$
				25 hari	600 det	$^{170}Tm, ^{187}W, ^{182}Ta$ $^{181}Hf, ^{95}Zr, ^{108m}Ag,$ $^{76}As, ^{72}Ga$
Rubi 1 (1,22 gram) (Kalimantan)	Sistim Rabbit	$3,5 \times 10^{12}$ (termal)	30 menit	8 hari	800 det.	$^{51}Cr, ^{24}Na, ^{60}Co$
Rubi 2 0,27 gram	Sistim Rabbit	$3,5 \times 10^{12}$ (termal)	30 menit	4 hari	1100 det	$^{51}Cr, ^{24}Na$

Dari hasil analisis kualitatif dari cuplikan batu permata Rubi dan Alexander terlihat beberapa unsur dominan yang terkandung di dalam cuplikan batu Rubi adalah $^{60}Co, ^{24}Na$ dan ^{51}Cr . Pada cuplikan batu Alexander, terlihat banyak unsur, yaitu: $^{95}Zr, ^{46}Sc, ^{181}Ta, ^{108m}Ag, ^{181}Hf, ^{170}Tm, ^{72}Ga$ dan ^{187}W .

Unsur-unsur tersebut merupakan unsur pengotor yang terkandung di dalam cuplikan batu permata tersebut. Pada cuplikan batu Alexander terjadi perubahan warna dari kuning terang menjadi berwarna gelap yang disebabkan oleh unsur ^{50}Cr teraktivasi oleh neutron menjadi ^{51}Cr .

Analisis kuantitatif cuplikan batu permata Rubi

Pada analisis kuantitatif cuplikan, ditentukan batu Rubi (Kalimantan) dengan kandungan ^{60}Co , ^{51}Cr dan ^{24}Na untuk dianalisis secara kuantitatif dengan metoda APNI. Pada analisis kuantitatif dipergunakan metoda pembandingan dari unsur-unsur standar referensi Co, Na dan Cr. Unsur-unsur standar referensi tersebut diiradiasi bersama-sama dengan cuplikan pada kondisi iradiasi yang sama. Hasil analisis kuantitatif ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis kuantitatif cuplikan batu permata Rubi dan Alexander

Cuplikan	Posisi iradiasi	Fluks neutron $\text{n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$	Lama iradiasi (menit)	Lama pendinginan	Lama pencacahan	Konsentrasi unsur (ppm)
Rubi 1 (Kalimantan) 1,22 gram	Sistim Rabbit	$3,5 \times 10^{12}$	30	8 hari	800 det.	$^{51}\text{Cr}= 10570,39$ $^{24}\text{Na}= 270,463$ $^{60}\text{Co}= 880,32$
Rubi 2 0,27 gram	Sistim Rabbit	$3,5 \times 10^{12}$	30	4 hari	1100 det	$^{51}\text{Cr} = 4853,5$ $^{24}\text{Na}=2352,65$

Dari hasil perhitungan pada cuplikan batu permata Rubi menunjukkan bahwa unsur ^{51}Cr mempunyai konsentrasi terbesar yang merupakan unsur pembentuk warna batu Rubi tersebut. Unsur-unsur ^{60}Co dan ^{24}Na merupakan unsur pengotor yang terdapat di dalam cuplikan batu Rubi. Dari hasil analisis kualitatif dan kuantitatif diketahui bahwa batu permata Rubi dari Kalimantan ini cukup baik kualitasnya dengan sedikit unsur pengotor yang terkandungnya. Sedangkan untuk batu permata Alexander kurang baik kualitasnya dengan banyak unsur pengotor yang terkandungnya.

KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal dari hasil penentuan unsur-unsur yang terkandung di dalam cuplikan batuan dengan metode APN, adalah sebagai berikut :

Pertama, pada analisis cuplikan batu Rubi (Kalimantan) pada posisi CIP dapat ditentukan 3 unsur yang dikandungnya, dan pada posisi iradiasi Sistim Rabbit dapat ditentukan 3 unsur yang dikandungnya.

Kedua, pada hasil analisis cuplikan batu Alexander pada posisi CIP dapat ditentukan 8 unsur yang dikandungnya.

Ketiga, pada analisis cuplikan dengan metoda spektrometri sinar- γ , cuplikan dapat dianalisis dengan presisi dan akurasi yang baik apabila cuplikan didinginkan selama waktu pendinginan yang sesuai..

Keempat, cuplikan diiradiasi pada posisi CIP dengan waktu iradiasi yang panjang dapat teraktivasi lebih baik dari pada cuplikan yang diiradiasi pada posisi Sistim Rabbit dengan waktu iradiasi pendek, sehingga hasil analisis memberikan hasil yang lebih presisi dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. SHOGO SUZUKI, SHOJI HIRAI : Radioisotopes , (1989)
2. SHOGO SUZUKI, SHOJI HIRAI : Radioisotopes, (1978)
3. C.E. CROUTHAMEL : Applied Gamma-ray Spectrometry, translated in Japanese language by M.Okada and Y.Kamemoto (1985)

