

ANALISIS KANDUNGAN PENGOTOR PADA BATU TOPAZ TERIRADIASI

Elisabeth Ratnawati, Arif Hidayat, Saleh Hartaman
Staf Bidang Operasi Reaktor, PRSG-BATAN

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN PENGOTOR PADA BATU TOPAZ TERIRADIASI. Telah dilakukan analisis kandungan pengotor pada batu topaz yang telah di iradiasi dalam kolam reaktor G.A. Siwabessy pada posisi IP (Irradiation Position) selama 10 jam. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jenis unsur pengotor yang muncul ketika batu topaz diiradiasi sehingga memudahkan dalam pengerjaan pemilahan dan penyimpanan. Sampel diambil secara acak dari batu topaz lot 537,705, 719, 728, 549, 718, 543, dan 539. Analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat spektrometri sinar gamma. Dari hasil analisis diperoleh enam jenis unsur dalam pengotor batu topaz yaitu Fe, Cr, Sc, Ta, Cs, dan Eu. Batu topaz yang diambil dari lot 549, 718, 543 dan 539 mengandung unsur pengotor Cs dan Eu yang memiliki waktu paruh yang cukup lama. Cs (2,06 th) dan Eu (13,33 th). Dengan mengetahui jenis unsur pada pengotor batu topaz maka akan memudahkan pekerjaan pemilahan dan pengiriman kembali maupun penyimpanan.

Kata kunci : batu topaz

ABSTRACT

ANALYSIS OF IMPURITIES ON IRRADIATED TOPAZ STONES. Analysis of impurities on irradiated topaz stones has been carried out. Those irradiation was done in the IP (irradiation position) inside reactor core for 10 hours. The analysis was done in order to recognize kind of impurities arise inside topaz stones during irradiation. So it can be easy classified and kept those stones at storage after having irradiated. The samples were taken randomly from their lot 537, 705, 719, 728, 549, 718, 543 and 539. Qualitative analysis was done using one set of gamma ray spectrometry equipments. From the analysis can be determined six elements impure the stones, that are Fe, Cr, Sc, Ta, Cs, and Eu. The topaz stone taken from lot 549, 718, 543 and 539, contained Cs and Eu which their long half are 2,06 years and 13,33 years respectively. By knowing kind of impurities classification, storage and shipment to customer will be easily done.

Key word : topaz stone

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (RSG GAS) adalah reaktor riset dengan daya maksimum 30 MW. Reaktor ini dilengkapi dengan fasilitas iradiasi, baik yang berada di teras reaktor maupun di luar teras. Salah satu dari sekian banyak pemanfaatan reaktor GA. Siwabessy ini adalah untuk iradiasi batu topaz. Batu topaz yang di iradiasi didalam reaktor akan memiliki warna indah sehingga dapat meningkatkan nilai jual. Iradiasi dilakukan baik di dalam teras reaktor maupun di luar teras reaktor. Setelah di iradiasi, batu topaz tersebut akan didiamkan beberapa saat hingga paparannya meluruh. Dalam pelaksanaannya terkadang ada beberapa batu yang memiliki paparan cukup tinggi, sehingga harus dilakukan pekerjaan pemilahan antara batu yang memiliki paparan tinggi dan yang rendah. Ada beberapa faktor yang menyebabkan batu topaz tersebut memiliki paparan yang cukup tinggi. Salah satunya adalah kemungkinan adanya kandungan pengotor dalam batu tersebut. Unsur

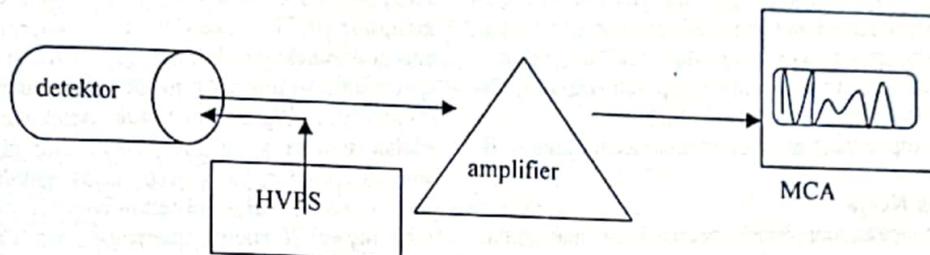
unsur dalam pengotor batu topaz yang memiliki waktu paruh panjang akan menyebabkan paparan yang tinggi pada batu topaz tersebut, sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk pengiriman kembali. Tulisan ini dimaksudkan untuk mengetahui jenis unsur pengotor yang terdapat dalam batuan topaz yang telah di iradiasi dalam kolam reaktor G.A. Siwabessy pada posisi IP (Irradiation Position) selama 10 jam. Tujuannya adalah untuk memudahkan pekerjaan pemilahan pada batu topaz serta perlakuan dalam penyimpanan. Batu topaz diambil secara acak dari lot 537, lot 705, lot 719, lot 728, 549, 718, 543, 539. Analisis kualitatif kandungan pengotor pada batu topaz dilakukan menggunakan seperangkat alat spektrometer sinar gamma.

Spektrometer sinar gamma

Susunan peralatan yang digunakan untuk mengukur radiasi nuklir baik intensitas maupun energinya disebut sistem pengukur radiasi (*nuclear counting systems*). Secara umum sistem ini

dibedakan menjadi dua yaitu sistem pencacah atau *single channel analyser* (SCA) dan sistem spektroskopi (spektrometer) yang sering juga disebut *multi channel analyser* (MCA). Sistem pencacah digunakan untuk mencacah atau menghitung jumlah radiasi yang mengenai detektor, dengan kata lain mengukur jumlah (intensitas) radiasi karena jumlah pulsa listrik sebanding dengan jumlah radiasi.

Sistem spektroskopi (spektrometer) digunakan untuk mengukur distribusi energi atau sering disebut sebagai spektrum energi dari radiasi yang mengenai detektor. Spektrum radiasi tersebut dapat menunjukkan nilai intensitas pada setiap tingkat energi, sehingga puncak energi dari radiasi yang datang dapat ditentukan. Konfigurasi umum dari suatu spektrometer digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 1: Konfigurasi Spektrometer

Spektrometer gamma merupakan sistem spektroskopi untuk mengukur radiasi gamma. Dengan demikian detektor yang digunakan adalah detektor gamma. Ada dua jenis detektor sinar gamma yang biasa digunakan yaitu detektor NaI(Tl) dan HPGe. Detektor HPGe adalah detektor semikonduktor yang digunakan untuk keperluan spektroskopi gamma resolusi tinggi (*high resolution spectroscopy*) yang memiliki resolusi sekitar 2 keV. Resolusi ini jauh lebih baik daripada detektor NaI(Tl).

Batu Topaz

Batu topaz termasuk deretan batu mulia kategori papan atas. Batu Topaz terdiri dari gugusan silikon yang mengandung gabungan aluminium bersama dengan fluorine dan hidroxil. Disebut Topaz karena batu ini berasal dari kepulauan Topazos yang terletak di Laut Merah. Topaz sudah dikenal sejak jaman Mesir Kuno. Orang Yunani mempercayai topaz memberikan kekuatan dari sisi penglihatan, baik penglihatan batin maupun fisik. Keindahan batu topaz biasanya ditemui dalam bentuk kristal yang mempunyai kilauan prismatik dan memantulkan uraian cahaya. Topaz biasanya ditemui dalam warna putih, kuning, dan biru. Selain itu, terdapat juga topaz yang berwarna keemasan, coklat, biru dan yang paling jarang ditemui berwarna merah jambu dan merah. Dari sisi kekerasan yang dimiliki, Topaz mempunyai kekerasan 7,5 – 8 pada skala Mohs, jadi Topaz ini sebenarnya masuk antara kategori permata kelas I. Mineral topaz ini dikenali berasal dari batuan Saxony (German). Topaz banyak ditemui di Brazil, Amerika Serikat, Sri Lanka, Siberia, Nigeria, Mexico dan Zaire sedangkan Topaz kuning biasa ditemui di Brazil, Jepang, Sri Lanka, dan Burma. Walaupun di Kalimantan pernah di klaim ada topas dari Kalimantan, tapi perlu di telusuri lebih jauh

kebenarannya. Untuk Uni Soviet pernah ditemukan Topaz Merah Jambu. Batu Topaz yang tidak berwarna (lutsinar) banyak dijumpai di Brazil, German (Saxony), Nigeria, Zaire, dan Namibia. Topaz yang tidak berwarna ini memiliki warna yang agak pucat dan tidak banyak memancarkan cahaya. Batu Topaz yang biasa dijumpai dipasaran adalah yang berwarna kuning, dan orang banyak menyebut sebagai *sherry topaz*, *golden topaz*, atau topaz kuning. Batu Topaz yang berwarna kuning sangat mirip sekali dengan citrine, agak pucat dan tidak banyak memancarkan cahaya. Tapi jelas ada perbedaan bagi yang paham, bahwa Topaz kuning ini mempunyai kilau yang lebih kelihatan berbanding citrine dan topaz mempunyai kepadatan yang lebih besar dibanding citrine. Batu topaz yang berwarna merah jambu (*rose*) merupakan topaz langka dan memiliki harga paling mahal. Pemotongan topaz ini biasanya dalam bentuk pear dan terdapat juga yang dipotong dalam bentuk "*step cut*" atau cutting. Topaz berwarna merah jambu mempunyai kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan kunzite, morganit dan tourmaline serta mempunyai lapisan-lapisan sangat menarik sekaligus indah. Selain itu ada juga topaz yang berwarna biru dan mempunyai variasi warna dari biru awan hingga biru jernih transparan. Topaz yang berwarna biru mempunyai warna mirip dengan aquamarine hanya bedanya adalah cahaya biru laut tidak muncul seperti pada aquamarine. Topaz Biru dipercaya dapat menenangkan, memberi inspirasi dan menaikkan mood. Negara yang banyak terdapat *Blue Topaz* adalah di Brazil, Nigeria, dan Mexico. Sifat alam yang membawa keunikan batu topaz adalah bila digosok dengan keras dapat mengeluarkan api, dan daya listrik. Untuk mengetahui keaslian batu topaz maka ciri cirinya adalah sebagai berikut:

1. Bila dipegang terasa dingin dan berat
2. Bila diteropong dengan lensa tidak terdapat gelembung gelembung halus
3. Cahaya yang dipancarkan tidak buram

4. Analisis kualitatif batu topaz.

TATA KERJA

Peralatan dan Bahan

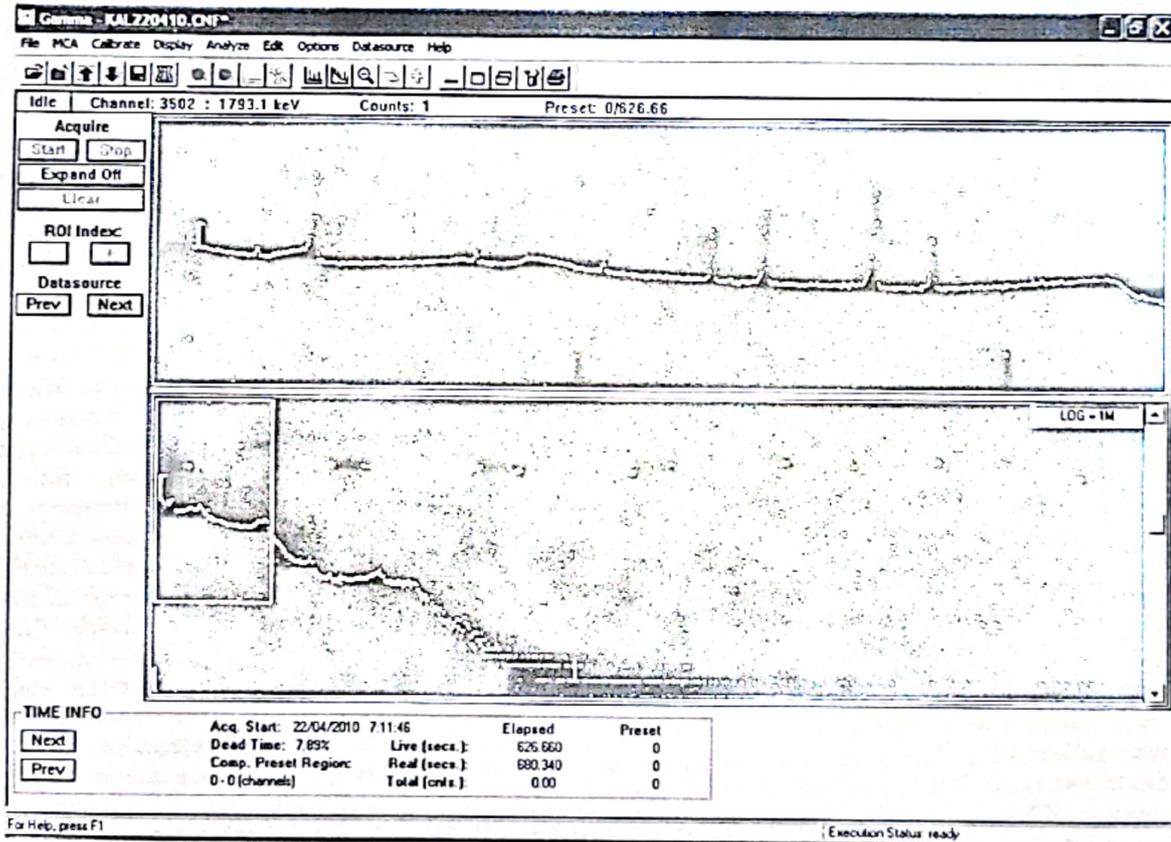
1. Sistem spektroskopi gamma yang terdiri dari detektor HPGe beserta pre-amplifier dan dewar, HVPS, spektroskopi amplifier, ADC dan MCA
2. Sumber gamma standard campuran (Ba-133, Cs-60, Co-60) untuk kalibrasi energi
3. Batu topaz yang akan di analisis secara kualitatif

Langkah Kerja :

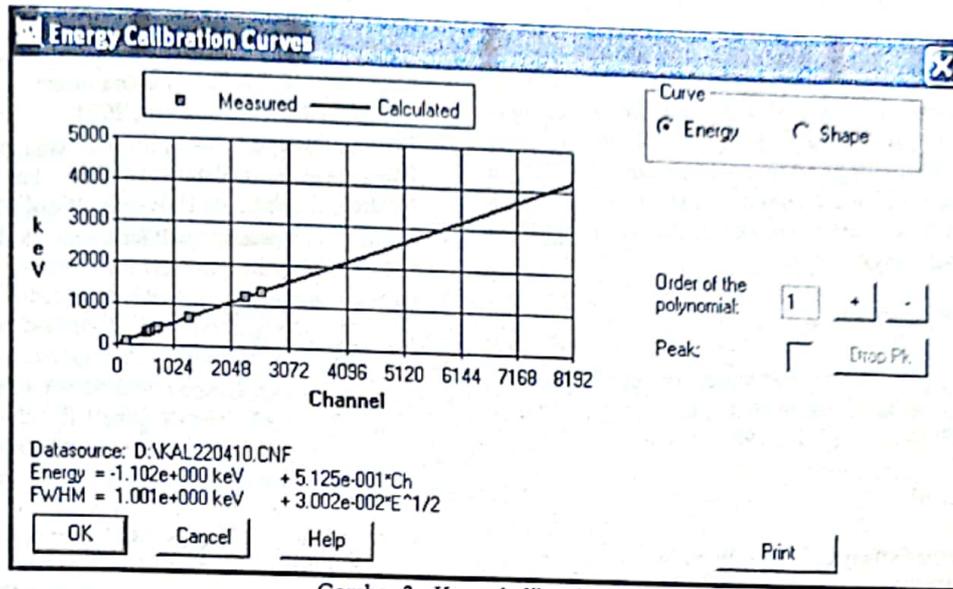
1. Menyiapkan alat sistem spektroskopi sinar gama
2. Kalibrasi energi dengan sumber gamma standard campuran (Ba-133, Cs-60, Co-60)
3. Batu topaz diletakkan pada jarak tertentu dari detektor dan pencacahan dilakukan selama 1 jam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrometer gamma merupakan metode pengukuran secara relatif yang berdasarkan pada spektrum energi yang muncul sehingga perlu di kalibrasi lebih dahulu sebelum digunakan. Pada analisis kandungan pengotor batu topaz secara kualitatif ini dilakukan kalibrasi energi. Kalibrasi energi digunakan untuk mengidentifikasi energi dari spektrum atau puncak-puncak yang muncul. Sumber standar yang digunakan untuk melakukan kalibrasi adalah sumber yang sudah diketahui aktivitasnya. Sumber standar yang digunakan untuk kalibrasi disini digunakan Ba-133 untuk energi rendah, Cs-137 yang mewakili energi menengah dan Co-60 yang mewakili energi tinggi. Berikut adalah gambar hasil kalibrasi energi yang telah dilakukan.



Gambar2: Spektrum kalibrasi energi



Gambar 3 : Kurva kalibrasi energi

Hasil kalibrasi tersebut kemudian digunakan untuk analisis kualitatif pada batu yang telah di iradiasi. Dari hasil penentuan pengotor batu topaz secara kualitatif diperoleh enam jenis unsur yaitu Fe, Cr, Sc, Ta, Cs, dan Eu. Pada batuan yang diambil dari lot 537 terdapat tiga unsur dalam pengotor batu yaitu Fe, Cr dan Sc. Fe memiliki waktu paruh 44 hari, Cr memiliki waktu paruh 27 hari dan Sc 83 hari. Batuan dari lot 537 ini membutuhkan waktu sekitar tiga bulan untuk peluruhan sehingga memenuhi syarat untuk dikirim kembali kepada pemiliknya. Dari Lot 705 diperoleh dua jenis unsur pengotor yaitu Sc (83 hari), dan Eu (13,33 tahun). Adanya unsur Eu dalam pengotor menyebabkan batu

memiliki paparan yang tinggi. Karena itu pada lot 705 ini perlu dilakukan pemilahan kembali. Untuk batu yang memiliki paparan tinggi, harus disisihkan dan diberi wadah khusus yang dilengkapi dengan shielding. Untuk batu yang diambil dari Lot 719 hanya diperoleh satu jenis unsur yaitu Sc yang mempunyai waktu paruh 83 hari, sedangkan dari Lot 728 diperoleh unsur Cr (27 hari) dan Sc (83 hari). Sama seperti pada lot 537, maka batu dari lot 719 dan 728 perlu waktu sekitar tiga bulan untuk peluruhan radionuklida. Tabel hasil analisis kualitatif kandungan pengotor dalam batu topaz adalah sebagai berikut :

Tabel 1: Hasil analisis kualitatif kandungan pengotor dalam batu topaz

KODE BATU	JENIS UNSUR					
	Fe	Cr	Sc	Ta	Cs	Eu
Lot 537	√	√	√	-	-	-
Lot 705	-	-	√	-	-	√
Lot 719	-	-	√	-	-	-
Lot 728	-	√	√	-	-	-
Lot 549	-	-	-	√	√	-
Lot 718	-	-	-	-	√	-
Lot 543	-	-	-	-	-	√
Lot 539	-	-	-	-	-	√

Unsur yang memiliki waktu paruh panjang diperoleh dari batu yang diambil dari lot 546, 718, 543 dan 539. Dari lot yang disebutkan tadi diperoleh radionuklida Ta (114,5 hari), Cs (2,06 th) yaitu pada lot 549, dan 718, serta Eu (13,33 th) yang diperoleh dalam batu lot 543 dan 539.

Adanya unsur Ta, Cs dan Eu dalam pengotor batu topaz menyebabkan batu tersebut memiliki paparan yang tinggi sehingga perlu diluruhkan dalam waktu yang cukup lama.

KESIMPULAN

Unsur pengotor dalam batu topaz memiliki waktu paruh yang beragam. Sehingga perlu pemilahan yang teliti pada setiap lot. Dengan mengetahui jenis unsur pada pengotor akan memudahkan pekerjaan pemilahan dan pengiriman maupun penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous, IAEA Practical Aspect of Operating A Neutron Activation Laboratory, IAEA-TECDOC-564, Wina 1990

2. Hendriyanto HT, Spektrometri Gamma, Pelatihan Penyelia Laboratorium Analisis Aktivasi Neutron, Pusdiklat, 2003
3. Wisnu Susetyo, Spektrometri Gamma Dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron, Gajah Mada University Press, 1988
4. www. Wordpress.com, Pancaran Keindahan Batu Topaz, 2008
5. www.jewelry.com

DISKUSI

1. Nama Penanya : Slamet Wiranto

Pertanyaan :

1. Alat spektrometri gamma ini apakah dapat mendeteksi semua unsur pengotor? Misalnya silika? Apakah dapat dideteksi dengan alat ini?
2. Bagaimana pengaruh unsur-unsur pengotor tersebut terhadap keselamatan reaktor khususnya terhadap elemen bakar reaktor

Jawaban :

1. Alat spektrometri gamma dapat digunakan untuk mendeteksi semua unsur yang memancarkan sinar gamma. Silika memiliki tampang lintang dan keboleh jadian yang kecil bila bereaksi dengan neutron thermal. Sehingga silika agak sulit terdeteksi.
2. Unsur-unsur pengotor ini tidak berpengaruh terhadap keselamatan karena unsur-unsur ini tidak mempengaruhi aliran pendingin yang lewat pada elemen bakar.

2. Nama Penanya : Sudarsih

Pertanyaan :

Berapa hari waktu iradiasi? Dan pada flux berapa?

Jawaban :

Iradiasi batu topaz dilakukan selama 10 jam dengan fluks neutron sekitar $10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ S}^{-1}$

3. Nama Penanya : Laksmi Andri

Pertanyaan :

1. Selain batu topaz di reactor ini, batu mulia apa saja yang perlu diiradiasi?
2. Pada kesimpulan ternyata pengotor yang terjadi bervariasi, antara umur paruh pendek dan umur paruh panjang, untuk yang mempunyai pengotor umur paruh panjang apakah bisa di prediksi bahwa batu topaz yang warna apa yang bias menghasilkan pengotor umur paruh panjang.

Jawaban :

1. Batu mulia yang pernah diiradiasi di reaktor hanya batu topaz.
2. Tidak bisa diprediksi batu topaz mana yang memiliki pengotor dengan umur paruh panjang, karena batu topaz sebelum diiradiasi memiliki tampilan yang nyaris sama