

## PENGARUH IRADIASI BATU TOPAZ TERHADAP KUALITAS AIR PENDINGIN PRIMER DAN KESELAMATAN RSG-GAS

Yulius Sumarno, Rohidi, Fahmi Alfa Muslimu

Pusat Reaktor Serba Guna-BATAN-Serpong

Email : sumarno@batan.go.id

### ABSTRAK

**PENGARUH IRADIASI BATU TOPAZ TERHADAP KUALITAS AIR PENDINGIN PRIMER DAN KESELAMATAN RSG-GAS.** Adanya unsur pengotor dalam batu topaz yang diiradiasi di dalam kolam reaktor dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap kualitas pendingin dan keselamatan reaktor. Analisis konsentrasi radioaktivitas air pendingin primer RSG-GAS pada kondisi Reaktor tidak beroperasi, beroperasi, dan beroperasi dengan muatan batu topaz untuk mengevaluasi air pendingin primer. Metode yang digunakan yaitu dengan analisis spektrometri gamma secara kuantitatif dan kualitatif. Hasil analisis pada saat reaktor beroperasi dengan muatan batu topaz terdeteksi nuklida pengotor yaitu Mn-54 = 43,54 Bq/m<sup>3</sup> dan Co-60 = 29,51 Bq/m<sup>3</sup>. Konsentrasi pengotor Mn-54 dan Co-60 masih di bawah nilai ambang batas baku tingkat radioaktivitas di badan air menurut Perka BAPETEN nomor 7 tahun 2013, sebesar 3,1 x 10<sup>4</sup> Bq/m<sup>3</sup> dan 3,0 x 10<sup>3</sup> Bq/m<sup>3</sup>. Karena masih di bawah nilai ambang batas, maka iradiasi batu topaz di reaktor serba guna G.A. Siwabessy dapat dilakukan dengan aman, karena tidak mempengaruhi kualitas air pendingin primer dan keselamatan reaktor.

*Kata Kunci : Operasi reaktor, iradiasi, batu topaz, RSG-GAS*

### ABSTRACT

**THE EFFECT OF IRRADIATED TOPAZ TO THE PRIMARY COOLING WATER AND SAFETY OF THE GA SIWABESSY REACTOR.** The impurities presence of irradiated topaz in the reactor pool is feared to affect the quality of the cooling and safety of the reactor. Radioactivity concentration analysis of the primary cooling water of RSG-GAS has been carried out on the condition of reactor is not operating, operating, and operating that containing topaz to evaluate the primary cooling water. The method used in evaluating the primary cooling water of RSG-GAS is using quantitative and qualitative gamma spectrometry analysis. The analysis results of current operating reactors that containing topaz, impurities are detected from nuclides Mn-54 = 43.54 Bq / m<sup>3</sup> and Co-60 = 29.51 Bq/m<sup>3</sup>. Impurity concentration of Mn-54 and Co-60 is still below the standard limit levels of radioactivity in the water according to Perka BAPETEN number 7 in 2013, amounting to 3.1 x 10<sup>4</sup> Bq/m<sup>3</sup> and 3.0 x 10<sup>3</sup> Bq/m<sup>3</sup>. Because it is still below the threshold value, irradiated topaz in the multipurpose reactor G.A. Siwabessy can be done safely, because it does not affect to the quality of the primary cooling water and safety of the reactor.

*Keywords : Reactor operation, irradiation, topaz, RSG-GAS*

## PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna G.A 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 G.A. Siwabessy adalah iradiasi batu topaz. Tujuan iradiasi batu topaz adalah untuk meningkatkan nilai jual, karena batu topaz yang di iradiasi di dalam reaktor akan memiliki warna-warna yang indah. Iradiasi dilakukan baik di dalam teras reaktor maupun di luar teras reaktor.

Dalam pengoperasian reaktor kemungkinan terjadi pula reaksi antara neutron dengan unsur-unsur pengotor yang terdapat dalam batu topaz. Adanya unsur pengotor dalam batu topaz yang diiradiasi di dalam kolam reaktor dikhawatirkan akan berpengaruh terhadap kualitas pendingin dan keselamatan reaktor baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dengan adanya pemanfaatan tenaga nuklir yang semakin meningkat, menuntut adanya jaminan keselamatan pekerja, masyarakat, serta perlindungan terhadap lingkungan menjadi dasar pertimbangan adanya PerKa BAPETEN Nomor 7 Tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan. Sehingga ketentuan tentang nilai batas radioaktivitas lingkungan harus dipenuhi selama kegiatan operasi.

Tulisan ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah iradiasi batu topaz dalam reaktor berpengaruh terhadap kualitas air pendingin reaktor, dengan cara melakukan pencacahan latar merineli kosong, pada air pendingin primer sistem KBE01 pada kondisi sebelum operasi, operasi tanpa muatan topaz dan operasi dengan muatan topaz dengan menggunakan alat pencacah spektrometri gamma.

Dari hasil analisis terhadap kandungan unsur dalam pencacahan air pendingin primer dapat diketahui, sejauh mana unsur-unsur yang terkandung dalam batu topaz

tersebut berpengaruh terhadap kualitas air pendingin dan keselamatan dalam pengoperasian reaktor GA. Siwabessy.

## TEORI

### Topaz

Topaz merupakan mineral Aluminium silikat dengan komposisi  $Al_2SiO_4(F,OH)_2$ <sup>[2]</sup>, dan memiliki variasi pengotor yang berbeda-beda, pengotor tersebut dapat menimbulkan warna dan menghasilkan produk aktivasi. Iradiasi dilakukan baik di dalam teras reaktor maupun di luar teras reaktor. Waktu yang dibutuhkan untuk iradiasi batu topaz dengan posisi di dalam teras reaktor (*in core*) adalah 10 jam, dan untuk posisi di luar teras (*out core*) adalah 8 hari.

Reaksi antara batu topaz dengan neutron akan menghasilkan nuklida dengan waktu paruh yang berbeda, tergantung jenis pengotor yang ada dalam batu topaz tersebut, baik yang memiliki waktu paruh pendek (orde detik) hingga panjang (orde tahun). Oleh karena itu selalu dibutuhkan perlakuan khusus terhadap topaz pasca iradiasi. Kontak antara batu topaz dengan air pendingin reaktor terjadi pada batu topaz yang diiradiasi dalam posisi *incore*. Sedangkan pada posisi *outcore* batu topaz diiradiasi dalam tabung tertutup yang kedap udara.

### Pendingin Primer

Salah satu komponen utama dalam pengoperasian reaktor nuklir adalah sistem pendingin primer, di mana air yang merupakan unsur pokok dari sistem ini berfungsi untuk memindahkan panas yang ditimbulkan di teras reaktor baik pada saat reaktor operasi normal, maupun dalam keadaan darurat.

Pembentukan hasil-hasil radioaktif di dalam sistem pendingin primer dapat diperoleh dari aktivasi air kolam, kandungan garam residu di dalam air kolam, pembentukan tritium di dalam air

kolam, hasil aktivasi gas di dalam air kolam, zat radioaktif lain di dalam sistem primer, pelepasan aktivitas yang disebabkan kontaminasi pelat bahan bakar tipe MTR, serta hasil korosi aktivasi dari bahan struktur di dalam pendingin primer.

**Sistem Pemurnian**

Untuk menjaga agar kualitas air pendingin primer tetap terpenuhi maka sistem pendingin primer RSG-GAS dilengkapi dengan sistem pemurnian.

**Sistem Pemurnian air kolam KBE01**

Sistem purifikasi ini terdiri dari sistem filter mekanis dan filter penukar ion berisi campuran 750 liter anion dan 750 liter kation tipe Lewatit. Sebagai indikasi penggantian resin pada *mixed bed filter* adalah bila tekanan sebelum dan sesudah melewati resin >1,5 bar atau radioaktivitas >0,1 Ci/m<sup>3</sup> dan atau konduktivitas air keluaran filter penukar ion >8 µS/cm. Sedangkan resin trap akan diganti jika perbedaan tekanan >2bar.

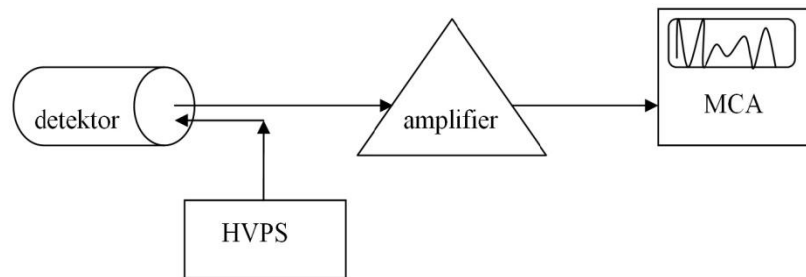
**Sistem pemurnian lapisan air hangat (KBE02)**

Sistem ini terdiri dari *mixed bed filter* dan filter mekanik dengan laju alir 20

m<sup>3</sup>/jam. Filter penukar ion berisi campuran 200 liter anion OH<sup>-</sup> dan 200 liter kation H<sup>+</sup> resin tipe Lewatit. Kejenuhan *mix-bed filter* diindikasikan oleh adanya perbedaan tekanan pada sebelum dan sesudah resin sebesar >1,5 bar, atau radioaktivitas sebesar >5x10<sup>-2</sup> Ci/m<sup>3</sup> untuk aliran masuk dan >10<sup>-3</sup> Ci/m<sup>3</sup> untuk aliran balik dan atau konduktivitas air keluaran filter penukar ion >8µS/cm. Sedangkan resin trap akan diganti apabila perbedaan tekanan antara sebelum dan sesudah filter sebesar > 2 bar.

**Spektrometer sinar gamma**

Secara sederhana spektrometri gamma dapat didefinisikan sebagai suatu cara pengukuran dan identifikasi zat-zat radioaktif dengan jalan mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi sinar gamma yang dipancarkan oleh zat-zat radioaktif tersebut dengan detektor<sup>[3]</sup>. 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 di bawah ini :



**Gambar 1.** Konfigurasi spektrometer<sup>[3]</sup>

Spektrometer gamma merupakan sistem spektroskopi untuk mengukur radiasi gamma. Dengan demikian detektor yang digunakan adalah detektor gamma. Detektor spektrometer gamma yang

biasanya digunakan adalah detektor sintilasi (NaI)Tl dan detektor semi konduktor Ge(Li) atau Ge kemurnian tinggi (HpGe). Dewasa ini detektor (NaI)Tl makin ditinggalkan dan digantikan oleh detektor

semikonduktor germanium, kecuali untuk teknik pencacahan tertentu. Hal ini disebabkan karena daya pisah (resolusi) detektor semikonduktor jauh lebih baik dibandingkan dengan detektor (NaI)Tl.

Besaran radioaktivitas dihitung secara langsung setelah dilakukan kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar campuran Ba-133, Co-60 dan Cs-137 dalam merineli 1 liter. Perlakuan dan kondisi cuplikan saat pencacahan harus sama dengan kondisi saat kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar. Metode spektrometer  $\gamma$  merupakan metode pengukuran relatif, sehingga untuk identifikasi jenis nuklida dan pengukuran radio-aktivitasnya diperlukan kalibrasi pada spectrometer, yaitu kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar. Aktivitas tiap nuklida dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$Aktivitas = \frac{Laju\ cacah\ (cps)}{E\ (Y) \cdot Efisiensi\ (\epsilon)} \quad (1)$$

## TATA KERJA

### Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan peralatan sebagai berikut:

1. Merineli 1 liter
2. Sistem spektroskopi gamma yang terdiri dari detektor HPGe beserta pre-amplifier dan dewar, HVPS, spektroskopi amplifier, ADC dan MCA
3. Sumber gamma standar campuran (Ba-133, Cs-137, Co-60) untuk kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi

4. Sampel air primer pada saat tidak operasi, operasi tanpa muatan topaz dan operasi dengan muatan topaz

### Langkah Kerja :

Langkah Kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut :

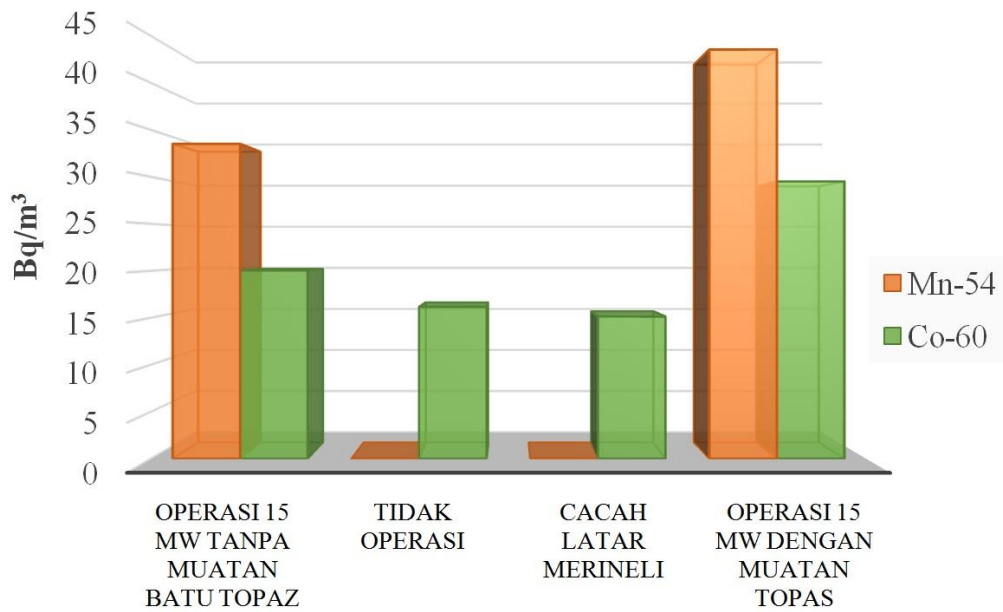
1. Memastikan batu topaz yang akan diiradiasi telah dicuci sampai bersih menggunakan Ultrasonik.
2. Menyiapkan alat sistem spektroskopi sinar gama
3. Melakukan kalibrasi energi dan efisiensi dengan sumber gamma standar campuran (Ba-133, Cs-137, Co-60)
4. Melakukan pencacahan pada saat merineli kosong ataupun yang berisi sampel air primer diletakkan pada jarak tertentu dari detektor.
5. Melakukan pencacahan dilakukan selama 10 - 16 jam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif dari wadah Merineli dan cuplikan sampel air pendingin primer KBE01 pada saat reaktor tidak beroperasi, operasi 15 MW tanpa muatan batu topaz dan operasi 15 MW dengan muatan batu topaz, diperoleh dengan menggunakan persamaan 1 dan hasilnya disajikan pada Tabel 1 Hasil Analisis Sampel Air Pendingin Primer KBE01 dan Gambar 2 Hasil Analisis Air Pendingin Primer KBE01

**Tabel 1.** Hasil analisis sampel air pendingin primer KBE01

Tanggal Pengambilan sampel	Kondisi Reaktor	Mn-54		Co-60	
		Terukur (Bq/m <sup>3</sup> )	Baku Tingkat Radioaktivitas di Badan Air dari Perka Bapeten no.7 thn 2013 (Bq/m <sup>3</sup> )	Terukur (Bq/m <sup>3</sup> )	Baku Tingkat Radioaktivitas di Badan Air dari Perka Bapeten no.7 thn 2013 (Bq/m <sup>3</sup> )
16-02-2016	Operasi 15 MW	33,51	3,1 x 10 <sup>4</sup>	20,02	3,0 x 10 <sup>3</sup>
18-03-2016	Tidak operasi	ttd			
22-03-2016	Cacah latar Merineli	ttd			
28-03-2016	Operasi 15 MW dengan muatan Topas	43,54		29,51	



**Gambar 2.** Hasil analisis air pendingin primer KBE01

Wadah merineli kosong diletakkan pada detektor HPGE untuk dilakukan pencacahan selama 10 jam, dari hasil pencacahan wadah Merineli kosong terdeteksi adanya nuklida Co-60 sebesar

15,13 Bq/m<sup>3</sup>. Hal ini dapat disimpulkan bahwa wadah merineli tersebut telah terkontaminasi oleh Co-60, sehingga dari hasil pencacahan operasi 15 Mw tanpa muatan batu topaz, ketika reaktor tidak

beroperasi dan operasi 15 MW dengan muatan batu topaz harus dikurangi dengan aktivitas dari wadah merineli kosong untuk mendapatkan aktivitas yang sebenarnya.

Dari hasil pencacahan wadah merineli yang telah terisi sampel air pendingin primer ketika reaktor tidak beroperasi hanya terdeteksi Co-60, dan ini pun bukan aktivitas dari air pendinginnya, akan tetapi dari wadah merinelinya yang telah terkontaminasi. Hal ini dapat terjadi karena sistem pemurnian air pendingin primer bekerja dengan baik sehingga nuklida yang terbentuk pada operasi reaktor sebelumnya, telah habis tertangkap oleh resin penukar ion pada sistem pemurnian air KBE01 dan air pendingin primer telah menjadi bersih dari unsur atau nuklida pengotor.

Dari hasil pencacahan wadah merineli yang telah terisi sampel air pendingin primer pada saat reaktor beroperasi tanpa muatan batu topaz, terdeteksi nuklida Mn-54 dan Co-60. Mn-54 dengan aktivitas 33,51 Bq/m<sup>3</sup> dan kenaikan aktivitas Co-60 yang menjadi 20,02 Bq/m<sup>3</sup> diduga diakibatkan oleh korosi pada pompa, pipa ataupun filter mekanik pada sistem pemurnian air primer. KBE01.

Sedangkan dari hasil pencacahan wadah merineli yang telah terisi sampel pada saat reaktor beroperasi dengan muatan batu topaz ada sedikit kenaikan aktivitas Mn-54, yaitu menjadi 43,54 Bq/m<sup>3</sup> dan pada Co-60 menjadi 29,51 Bq/m<sup>3</sup>. Kenaikan aktivitas kedua nuklida tersebut diakibatkan oleh sumbangan dari pengotor batu topaz.

Akan tetapi kenaikan aktivitas pengotor tersebut masih jauh di bawah nilai ambang batas tingkat baku mutu menurut Peraturan Kepala Bapeten nomor 7 tahun 2013. Karena nilai ambang batas belum terlampaui maka reaktor GA. Siwabessy beroperasi dengan aman.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa iradiasi batu topaz di

dalam teras reaktor (posisi *incore* dan *outcore*) berpengaruh kecil terhadap kualitas air pendingin primer dan masih di bawah nilai ambang batas baku tingkat radioaktivitas di badan air menurut Perka Bapeten nomor 7 tahun 2013, untuk Mn-54 hasil pencacahan adalah 43,54 Bq/m<sup>3</sup> ketika operasi 15 MW dengan muatan topaz, nilai tersebut tidak melebihi batas radioaktivitas yang telah ditentukan yakni 3,1x10<sup>4</sup> Bq/m<sup>3</sup>, untuk Co-60 hasil pencacahan adalah 29,51 ketika operasi 15 MW dengan muatan topaz, nilai tersebut tidak melebihi batas radioaktivitas yang telah ditentukan yakni 3,0x10<sup>3</sup> Bq/m<sup>3</sup>.

Untuk mengurangi timbulnya pengotor yang berdampak terhadap kualitas air pendingin primer disarankan untuk melakukan pencucian batu topaz yang akan diiradiasi dengan ultrasonik sampai benar-benar bersih.

## DAFTAR PUSTAKA

1. **ELISABETH RATNAWATI** dkk, Pengaruh iradiasi batu topaz terhadap kualitas air pendingin reaktor G.A. Siwabessy, Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir PRSG, 2012
2. **SALAMA, SAFWAT SALAMA MOHAMED SOUBIH**. Study on properties of some treated gemstones, Benha University, 2011
3. **WISNU SUSETYO**, Drs. Spektrometri Gamma dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron, Gadjah Mada University Press, 1988
4. **ANONIMOUS** Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 7 Tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan.
5. **ANONIMOUS** Pusat Reaktor Serba Guna, "Laporan Analisis Keselamatan" Pusat Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy revisi 10.1 PRSG, Serpong 2011.