

## PENGENDALIAN AIR PENDINGIN PRIMER TERAS 66 DI REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY

Yulius Sumarno, Unggul Hartoyo, Rohidi, Fahmi Alfa Muslimu

### ABSTRAK

**PENGENDALIAN AIR PENDINGIN PRIMER TERAS 66 DI REAKTOR SERBA GUNA G.A. SIWABESSY.** Telah dilakukan analisis konsentrasi radioaktivitas air primer pada konfigurasi teras 66 sistem purifikasi air pendingin primer RSG-GAS. Pengendalian dilakukan menggunakan metode analisis kuantitatif dan kualitatif dari cuplikan air bebas mineral di ruang purifikasi sebelum dan setelah melalui filter resin penukar ion. Radionuklida yang teridentifikasi dari cuplikan air setelah melalui filter di ruang purifikasi adalah : Rh-106, Sb-122, Mn-56, Ar-41, dan Na-24. Untuk Sb-122 dan Mn-56 aktivitasnya masih dibawah nilai ambang batas. Untuk Rh-106 dan Ar-41 tidak tercantum nilai ambang batasnya. Sedangkan untuk Na-24 aktivitasnya melebihi nilai ambang batas. Namun setelah disirkulasikan melewati resin penukar ion pada saat reaktor tidak beroperasi aktivitasnya akan berkurang sampai dibawah nilai ambang batas. Sehingga konfigurasi teras 66 RSG-GAS dapat dioperasikan dengan aman.

Kata Kunci : Konsentrasi Radioaktivitas Air Pendingin Primer

### ABSTRACT

**THE CONTROL OF CORE 66 PRIMARY COOLING WATER IN THE G.A. SIWABESSY MULTIPURPOSE REACTOR.** *The analyzing for concentration radioactivity cooling water on configuration core 66 of the RSG – GAS's primary cooling water purification system, have been performed. The system is controlled by analyzing the demineralized water samples – which are taken from with the inlet and outlet of ion exchanger resin filter system – using quantitative and qualitative methods. Some radionuclides which could be identified from those samples were : Rh-106, Sb-122, Mn-56, Ar-41 and Na-24. The activities of Sb-122 and Mn-56 were still under limit values. For Rh-106 and Ar-41, the limit values haven't been mentioned yet. While, the activity of Na-24 have exceeded the limit value. However, after the primary cooling water have been circulated through the ion exchanger resin – when the reactor hadn't been operated yet – then its activity have gone down until under the limit value. So that, the configuration core 66 of RSG-GAS could be operated safely.*

Key word : Concentration of Primary Cooling Water Radioactivity

### PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna GA Siwabessy merupakan reaktor riset yang secara rutin dioperasikan dengan daya 15 MW untuk tujuan penelitian, irradiasi bahan, dan lain-lain. Selama reaktor beroperasi dapat menyebabkan timbulnya kontaminasi di air pendingin reaktor, yang ditimbulkan dari hasil fisi maupun aktivasi neutron terhadap elemen-elemen dalam teras reaktor. Elemen tersebut antara lain struktur teras reaktor, elemen bakar, fluida pendingin dan berbagai jenis bahan yang diiradiasi.

Salah satu komponen utama 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 (kecelakaan).

Setelah reaktor dioperasikan antara 650 sampai dengan 700 MWD, maka harus ada pergantian elemen bakar dan elemen control. Pola pergantiannya adalah 5 elemen bakar dan 1 elemen control. Pada saat pergantian elemen bakar dan elemen control, terjadi juga pergantian susunan elemen bakar. Jadi pengertian teras 66 adalah susunan atau konfigurasi dari elemen bakar yang ada di dalam teras reaktor yang ke 66. Dengan bergantinya susunan elemen bakar dan dimasukkannya elemen bakar baru, maka akan berpeluang terjadinya kontaminasi di air pendingin primer. Kontaminasi air pendingin primer dapat pula terjadi karena kebocoran bahan bakar, maka radionuklida hasil belah akan larut dalam air pendingin primer sehingga air ini akan terkontaminasi dan menjadi radioaktif. Demikian pula apabila terjadi peningkatan kadar logam pengotor yang disebabkan oleh

korosi pada bahan struktur reaktor yang dilalui air pendingin primer, maka logam itu akan teraktivasi ketika transit bersama air pendingin primer di dalam teras sehingga menyebabkan air pendingin primer ini terkontaminasi.

Sistem pendingin primer dilengkapi dengan beberapa sistem pemurnian air yang salah satunya adalah sistem pemurnian air kolam reaktor. Sistem pemurnian air kolam yang berupa resin penukar ion didisain untuk menangkap nuklida-nuklida yang terbentuk pada saat reaktor dioperasikan, sehingga ketika keluar dari resin penukar ion diharapkan air primer sudah menjadi bersih. Peningkatan kontaminasi air pendingin primer dapat ditekan dan dapat dicegah apabila sistem purifikasi air pendingin primer beroperasi dengan normal sesuai spesifikasi tekniknya. Untuk itu perlu dilakukan pengamatan secara kualitatif dan kuantitatif terhadap radioaktivitas air pendingin primer, karena kualitas dan kuantitas radiasi dari radionuklida pengotor yang terdeteksi pada air pendingin reaktor dapat dijadikan indikasi tentang normal atau tidaknya sistem purifikasi air pendingin tersebut

Untuk mengetahui susunan teras 66 beroperasi secara aman perlu dilakukan pengendalian sistem pendingin primer agar tidak membawa dampak bagi personil/manusia, pekerja radiasi maupun lingkungan. Pengendalian kontaminasi sistem pendingin primer ini dilakukan dengan cara mengambil sampel air pendingin sebelum dan sesudah resin penukar ion dan menganalisis dengan menggunakan spektrometri gamma.

## DESKRIPSI

Ketika reaktor dioperasikan maka di dalam teras reaktor akan timbul produk fisi seperti : Kr-88, Rh-106, I-131 Xe-133 dan Cs-137. Selain produk fisi di dalam teras reaktor juga timbul produk aktivasi seperti : Ar-41 dan Co-60. Untuk lebih lengkapnya berbagai radionuklida yang dilepas di air pendingin primer dapat dilihat dalam lampiran1. Metode yang digunakan dalam mengevaluasi air pendingin primer RSG-GAS yaitu dengan Analisis spektrometri gamma. Metode spektrometri gamma dilakukan dengan menganalisis cuplikan air pendingin primer dari ruang purifikasi secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan penganalisis salur ganda (MCA) berbasis detektor semi penghantar kemurnian tinggi (HP-Ge). Gangguan radiasi gamma latar belakang dijamin cukup rendah karena pencacahan cuplikan air dilakukan di dalam perisai Pb setebal 10 cm. Besaran radioaktivitas dihitung secara langsung setelah dilakukan kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar multi energi EU-155 dalam merineli 1 liter. Perlakuan dan kondisi cuplikan saat pencacahan harus sama dengan kondisi saat kalibrasi efisiensi menggunakan sumber

standar. Metode spektrometri  $\gamma$  merupakan metode pengukuran relative sehingga untuk identifikasi jenis nuklida dan pengukuran radioaktivitasnya diperlukan kalibrasi pada spectrometer, yaitu kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi menggunakan sumber standar. Aktivitas tiap nuklida dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

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

## Kalibrasi Energi

Kalibrasi energi pada *multichannel analyzer* (MCA) dimaksudkan untuk mengubah cacahan sebagai fungsi kanal (channel) menjadi cacahan sebagai fungsi energi. Untuk melakukan kalibrasi energi digunakan sumber standar cair multi energi yang berisi nuklida Eu-155 (86,5keV dan 105,31 keV), Co-57 (122,1 keV dan 136,5 keV), Sn-113 (255,1 keV dan 391,7 keV), Cs-137 (661,65 keV), Mn-54 (834,8keV), Zn-65 (1115,5 keV), sumber standar cair Co-60 (1173,24 keV dan 1332,5 keV). Hasil Kalibrasi energi selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi nuklida yang terdapat dalam cuplikan berdasarkan nilai energinya.

## Kalibrasi efisiensi

Kalibrasi efisiensi dilakukan untuk mengetahui efisiensi cacahan detektor pada energi gamma yang dipancarkan. Nilai efisiensi cacahan detektor yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung konsentrasi nuklida di dalam cuplikan. Untuk melakukan kalibrasi efisiensi dibutuhkan sumber standar dengan kondisi pencacahan yang sama : wujud, geometri, energi gamma, dan lama pencacahan yang sama dengan cuplikan. Apabila tidak didapatkan sumber standar dengan energi yang sama maka masalah ini diatasi dengan membuat kurva efisiensi sebagai fungsi energi. Kurva efisiensi dibuat dengan mencacah sumber standar multi energi gamma dengan energi antara puluhan hingga ribuan keV. Sumber standar cuplikan udara yang digunakan adalah Multi- Gamma Ray Standar Model 530g 500ml MB-resin.

## TATA KERJA

### ALAT DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN

#### 1. Alat Yang Digunakan :

- ✓ Sistem Spektrometer Gamma latar rendah dengan MCA "MAESTRO-32" eks Ortec berbasis detektor HP-Ge eks Canberra

#### 2. Bahan Yang Digunakan

- ✓ Sumber Standar campuran (multi gamma) EU-155
- ✓ Sumber Standar Co-60 dan Cs-137

- ✓ Merineli kapasitas 1 liter
- ✓ Jerigen kapasitas 1 liter

#### PENYIAPAN PENGUKURAN

Sampling air di ruang purifikasi diambil sebelum dan setelah melalui filter, masing-masing sebanyak 1 liter, kemudian dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Untuk menentukan jenis radionuklida dan konsentrasi radioaktivitasnya, digunakan spektrometer gamma dengan MCA & detektor HP-Ge. Sebelum melakukan pencacahan cuplikan air, spektrometer gamma dikalibrasi terlebih dahulu efisiensi deteksinya terhadap energi dan energinya terhadap nomor salur dengan menggunakan sumber campuran EU-155 dan

sumber campuran Co-60 dan Cs-137 berbentuk cair dalam merineli berkapasitas 1 liter. Masing-masing cuplikan dicacah selama 3600 detik.

#### PENGAMBILAN SAMPEL

1. Pengambilan sampel dilakukan pada saat reaktor tidak beroperasi. Sampel diambil tanggal 11 Desember 2008 dan 8 Januari 2009
2. Pengambilan sampel dilakukan pada saat reaktor beroperasi 15 MW. Sampel diambil sebanyak empat kali pada periode tanggal 22 Desember 2008 sampai dengan 2 Februari 2009

Gambar 1. Tempat Pengambilan Sampel Air Primer



Gambar 1. Tempat Pengambilan Sampel Air Primer

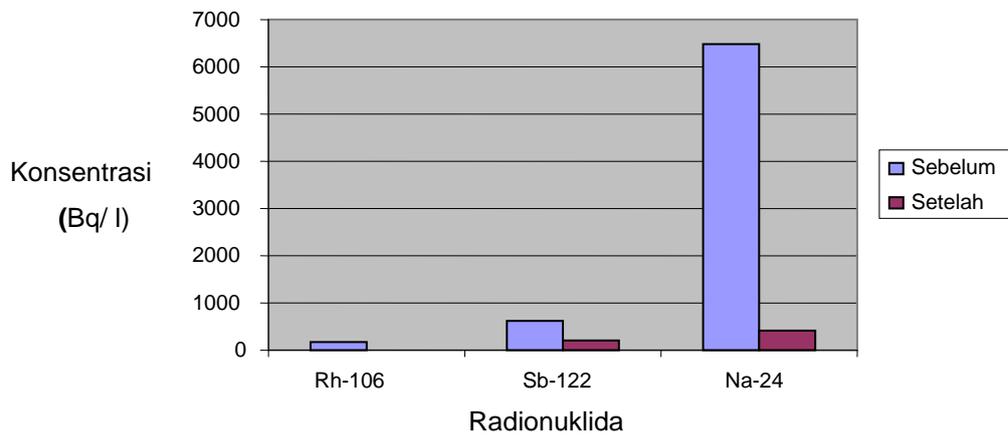
#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif dari cuplikan air primer KBE pada saat reaktor tidak beroperasi disajikan pada tabel 1 dan grafik 1. Dari tabel itu tampak bahwa beberapa radionuklida yang terdeteksi antara lain adalah : Rh-106, Sb-122 dan Na-24.

Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif dari cuplikan air primer KBE pada saat reaktor beroperasi 15 MW disajikan pada Tabel 2 dan grafik 2. Dari tabel itu tampak bahwa beberapa radionuklida yang terdeteksi antara lain adalah : Rh-106, Sb-122, Mn-56, Ar-41, Na-24.

Tabel 1: Hasil Analisis Sampel Air Primer teras 66 Daya Reaktor 0 MW

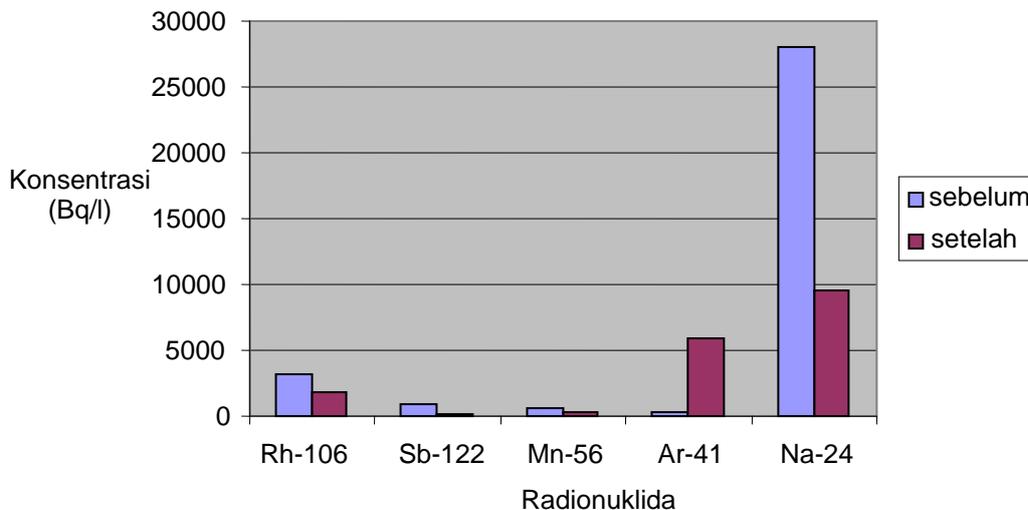
NUKLIDA	SEBELUM FILTER RESIN (Bq/l)	SETELAH FILTER RESIN (Bq/l)	NILAI BATAS BAPETEN (Bq/l)	EFISIENSI (%)	T <sub>1/2</sub>
Rh-106	173,290	ttd	-	100	29,9 detik
Sb-122	607,855	213,650	1.10 <sup>3</sup>	64,36	2,70 hari
Na-24	6484,773	408,425	1.10 <sup>3</sup>	93,70	15,2 jam



Grafik 1 : Hasil analisis air primer saat reaktor tidak beroperasi

Tabel 2 : Hasil Analisis Sampel Air Primer teras 66 Daya Reaktor 15 MW

NUKLIDA	SEBELUM FILTER RESIN (Bq/l)	SETELAH FILTER RESIN (Bq/l)	NILAI BATAS BAPETEN (Bq/l)	EFISIENSI (%)	T <sub>1/2</sub>
Rh-106	3216,045	1826,52	-	43,20	29,9 detik
Sb-122	849,50	144,53	1.10 <sup>3</sup>	82,98	2,70 hari
Mn-56	679,74	337,48	4.10 <sup>3</sup>	50,35	2,579 hari
Ar-41	322,73	5910,215	-	-1731,32	1,83 jam
Na-24	28043,795	9503,86	1.10 <sup>3</sup>	66,11	15,2 jam



Grafik 2 : Hasil analisis air primer saat reaktor beroperasi daya 15 MW

Pada saat reaktor tidak beroperasi efisiensi dapat mencapai maksimum (100% untuk Rh-106) hal ini dikarenakan pada saat reaktor tidak beroperasi tidak ada tambahan nuklida sehingga setelah beberapa kali melewati filter resin semua nuklida dapat tertangkap oleh resin penukar ion. Kandungan nuklida yang terdeteksi masih dibawah nilai batas yang dikeluarkan BAPETEN nomor :02/Ka-BAPETEN/V-99

Hasil analisis air primer pada saat reaktor beroperasi 15 MW , terdeteksi beberapa nuklida, yaitu Rh-106, Sb-122, Mn-56, Ar-41 dan Na-24. Perbedaan besarnya efisiensi disebabkan karena perbedaan masa jenis masing-masing nuklida. Untuk Rh-106, Sb-122 dapat terjadi karena adanya unsur pengotor pada permukaan bahan bakar. Ar-41 terbentuk dari gas argon yang terdapat di udara yang larut di air dengan neutron thermal dan ephitermal. Waktu paruh Ar-41 adalah 1,83 jam. Untuk Mn-56 dan Na-24 dapat terjadi karena adanya korosi bahan-bahan yang ada di kolam reaktor (pipa-pipa, penukar panas, pompa)

Untuk Sb-122 dan Mn-56 aktivitasnya masih dibawah nilai ambang batas. Untuk Rh-106 dan Ar-41 tidak tercantum nilai ambang batasnya. Sedangkan untuk Na-24 aktivitasnya melebihi nilai ambang batas. Hal ini tidak menjadi soal karena air primer terkungkung dalam tangki dan setelah beberapa kali sirkulasi melewati resin penukar ion maka aktivitasnya akan berkurang. Kusus untuk Ar-41 antara sebelum dan sesudah resin penukar ion lebih besar sesudahnya. Hal itu dapat terjadi karena :

1. Ar-41 berbentuk gas sehingga tidak dapat tertangkap oleh resin penukar ion
2. Di dalam filter resin penukar ion terbentuk gelembung udara dan ketika bertemu dengan neutron akan terbentuk Ar-41, sehingga ketika keluar dari resin penukar ion aktivitas Ar-41 menjadi lebih besar.

Sedangkan nuklida yang lain dapat tertangkap oleh resin penukar ion, sehingga pada saat keluar dari resin penukar ion aktivitasnya berkurang.

## KESIMPULAN

Pada pengoperasian RSG-GAS teras 66 terbentuk beberapa nuklida dalam air pendingin primer yang melebihi nilai ambang batas. Namun setelah disirkulasikan melewati resin penukar ion pada saat reaktor tidak beroperasi aktivitasnya akan berkurang sampai di bawah nilai ambang batas. Sehingga konfigurasi teras 66 RSG-GAS dapat dioperasikan dengan aman.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIMOUS KEPUTUSAN KEPALA BAPATEN Nomor :02/Ka-BAPETEN/V-99, Tentang : BAKU TINGKAT RADIO-AKTIVITAS DI LINGKUNGAN.
2. ANONIMOUS Pusat Reaktor Serba Guna, "Laporan Analisis Keselamatan " Pusat Reaktor Serba Guna G.A. Siwabbesy revisi 9 PRSG, Serpong 2007
3. WISNU SUSETYO, Drs. Spektrometri Gamma dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron, Gajah Mada University Press, 1988

## DISKUSI

Penanya : Makmuri

### Pertanyaan :

- Ditinjau dari sudut apa instalasi pipa dan pompa mengalami korosi.

### Jawaban :

- Bahan pipa dan pompa adalah stainlesssteel yang terdiri dari unsur utama FC+Cr + ... dengan komposisi Cr > 13% unsur Cr yang tinggi akan memperlambat korosi, bukan berarti SS tidak dapat korosi.

Penanya : Yanlinastuti-PTBN

### Pertanyaan :

- Apa jenis resin yang digunakan untuk analisis dan berapa waktu maksimum untuk mendapatkan hasil yang optimal

### Jawaban :

- Resin dalam bentuk campuran anion dan kation peneliti hanya menganalisis Radioaktivitas air primer dan dak menganalisis kandungan dan kualitas resin

Penanya : Kurnia Trinopiawan-PPGN

### Pertanyaan :

- Dari mana munculnya gelembung udara yang mengakibatkan kadar Ar-41 meningkat dari sebelum masuk resin dan sesudahnya.

### Jawaban :

- Selama ini belum pernah melakukan kegiatan untuk mengetahui peningkatan kadar Ar-41, untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Lampiran 1 : Konsentrasi Radionuklida yang Dilepaskan di Pendingin Primer (dalam Ci/m<sup>3</sup>)

Nuklida	Air Bagian Dalam	Lapisan Hangat (10 jam*)
Halogenida		
I -128	2,52E-08**	
I -131	4,04E-05	3,89E-05
I -132	1,83E-03	8,98E-05
I -133	7,36E-04	5,27E-04
I -134	3,96E-03	1,44E-06
I -135	1,56E-03	5,57E-04
I -136	3,17E-03	
Br- 82	2,73E-09	2,25E-09
Br- 83	2,25E-04	1,25E-05
Br- 84	5,52E-04	1,25E-09
Sum	1,21E-02	1,23E-03
Hasil fisi volateli rendah		
Sr- 89	1,06E-05	1,05E-05
Sr- 90	6,48E-08	6,48E-08
Y - 90	2,34E-04	2,10E-04
Y - 91	1,14E-05	1,13E-05
Zr- 95	1,07E-05	1,07E-05
Nb- 95	2,11E-05	2,10E-05
Ru-103	6,05E-04	2,91E-04
Rh-103 m	1,63E-03	1,09E-06
Ru-106	1,25E-07	1,25E-07
Rh-106	1,74E-04	7,45E-06
Sn-125	1,52E-07	1,47E-07
Sb-125	2,43E-09	2,43E-09
Te-127 m	1,78E-07	1,77E-07
Te-129 m	4,49E-06	4,45E-06
Te-131 m	2,52E-04	2,00E-04
Te-132	1,39E-04	1,27E-04
Cs-137	6,46E-08	6,46E-08
Ba-140	5,54E-04	5,42E-04
La-140	3,92E-04	3,30E-04
Ce-141	2,13E-05	2,11E-05
Ce-144	2,16E-06	2,16E-06
Pr-144	3,38E-03	
Nd-147	2,24E-05	2,18E-05
Sm-151	1,55E-09	1,55E-09
Jumlah	7,47E-03	1,81E-03
Gas mulia fisi		
Kr-83 m	7,15E-04	1,89E-05
Kr-85	7,67E-06	7,67E-06
Kr-85 m	1,74E-03	1,39E-04
Kr-87	3,39E-03	---
Kr -88	4,78E-03	4,01E-04
Kr-89	6,16E-03	---
Kr -90	6,71E-03	---
Xe-131	3,02E-03	2,95E-03
Xe-133	8,56E-03	8,13E-03
Xe-133 m	8,97E-03	7,87E-03
Xe-135	7,18E-03	6,96E-03
Xe-135 m	8,28E-03	
Xe-137	8,05E-03	
Xe-138	7,91E-03	
Jumlah	8,78E-02	2,65E-02

\*) waktu naik dari teras ke permukaan

\*\*)  $a - b \cong a \times 10^{-b}$