

## ANALISIS UNSUR PENGOTOR DI DALAM AIR PENDINGIN PRIMER REAKTOR RSG-GAS

Elisabeth Ratnawati<sup>1\*</sup>, M. Gading Permadi<sup>1</sup>, Dicky Tri Jatmiko<sup>1</sup>

1) Pusat Reaktor Serba Guna, Batan, Tangerang Selatan  
betty@batan.go.id

### ABSTRAK

**ANALISIS UNSURPENGOTOR DI DALAMAIR PENDINGIN PRIMER REAKTOR RSG-GAS.** Air pendingin primer dialirkan untuk menjamin suhu di dalam teras reaktor dan reflektor sesuai dengan batas operasi yang diijinkan. Kualitas air pendingin primer reaktor selalu dijaga supaya selalu berada dalam kondisi yang dipersyaratkan. Pada saat kegiatan pemindahan bahan bakar untuk pembentukan Teras 96 terlihat secara visual adanya pengotor yang melayang disekitar bahan bakar, sehingga diputuskan untuk melakukan pengambilan pengotor tersebut dan dilakukan analisis unsur yang terkandung di dalamnya. Analisis pengotor air pendingin primer telah dilakukan secara kualitatif menggunakan alat pencacah *Multi channel analyzer (MCA) Ortec A65-B32 Maestro-32* dengan detektor HPGe. Pengukuran aktivitas dilakukan menggunakan metode perbandingan dengan sumber standar yang sudah diketahui aktivitasnya dari Amersham. Hasil analisis nuklida beserta aktivitasnya yang diperoleh sebagai berikut <sup>51</sup>Cr (982,43Bq), <sup>124</sup>Sb (325,25Bq), <sup>181</sup>Hf (1941,01Bq), <sup>95</sup>Zr (194,03 Bq), <sup>58</sup>Co (207,96 Bq), <sup>60</sup>Co (2646,77 Bq), <sup>46</sup>Sc (1322,98 Bq), <sup>59</sup>Fe (877,83 Bq), <sup>65</sup>Zn (4865,53 Bq), <sup>99</sup>Mo (71,26 Bq), <sup>141</sup>Ce (47,06 Bq), dan <sup>122</sup>Sb (475,24 Bq). Aktivitas tertinggi dimiliki oleh <sup>65</sup>Zn (4865,53 Bq). Namun demikian hal ini tidak berdampak pada keselamatan operasi reaktor karena kinerja sistem penukar ion dan filter mekanik dalam sistem purifikasi terjaga dengan baik. Unsur <sup>181</sup>Hf dan <sup>95</sup>Zr terdeteksi dalam pengotor disekitar bahan bakar. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan teknik analisis yang memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi.

Kata kunci: pendingin primer, reaktor, pengotor

### ABSTRACT

**ANALYSIS OF IMPURITY ELEMENT IN THE PRIMARY COOLING WATER RSG-GAS REACTOR.** Primary cooling water is flowed to ensure temperature in the reactor core and reflector according to allowable operating limits. The quality of primary cooling water reactor is always maintained so that it is always in the required condition. At the time fuel moving process for formation of core 96, there was an impurity that floated around the fuel, so that was decided to take the impurity for analyzed the element contained in the impurity, so that expected to known the cause. Analysis of primary cooling water impurities has been carried out qualitatively to identify nuclides contain in the impurity using a Multi Channel Analyzer (MCA) Ortec A65-B32 Maestro-32 with HPGe detector. The activity measurement were carried out using a comparison method with standard source from Amersham that has been known the activity. The results of impurity analysis are nuclides as follows <sup>51</sup>Cr with activities <sup>51</sup>Cr (982,43Bq), <sup>124</sup>Sb (325,25Bq), <sup>181</sup>Hf (1941,01Bq), <sup>95</sup>Zr (194,03 Bq), <sup>58</sup>Co (207,96 Bq), <sup>60</sup>Co (2646,77 Bq), <sup>46</sup>Sc (1322,98 Bq), <sup>59</sup>Fe (877,83 Bq), <sup>65</sup>Zn (4865,53 Bq), <sup>99</sup>Mo (71,26 Bq), <sup>141</sup>Ce (47,06 Bq), and <sup>122</sup>Sb (475,24 Bq). The highest activity is <sup>65</sup>Zn (4865,53 Bq). However, this does not have an impact on the operation because of the performance system of ion exchangers and mechanical filters in the purification system well. <sup>181</sup>Hf and <sup>95</sup>Zr only detected in impurity around the fuel. Research needs to be done using techniques that have a high level of accuracy and precision.

Key words: primary cooling, reactor, impurity

## PENDAHULUAN

Reaktor GA. Siwabessy (RSG-GAS) yang memiliki daya 30 MW menggunakan air sebagai media pendingin untuk memindahkan panas yang timbul akibat reaksi fisi di teras reaktor. Dalam pengoperasiannya, reaktor RSG GAS memiliki dua sistem pendingin yaitu pendingin primer dan sekunder. Sistem pendingin primer yang dikondisikan terkungkung, berguna sebagai pendingin teras reaktor dan moderator. Sedangkan sistem pendingin sekunder berfungsi untuk menyerap panas dari pendingin primer hingga pelepasan panas ke lingkungan. Dalam sistem pendingin primer, air bersinggungan langsung dengan bahan bakar reaktor maupun material lain yang berada didalam kolam reaktor. Berbagai macam bahan logam digunakan dalam sistem reaktor nuklir seperti *stainless steel* yang digunakan untuk komponen dalam sistem pendingin primer, *zirconium alloy* digunakan untuk *cladding* elemen bakar, dan aluminium digunakan untuk tangki reaktor. Dengan demikian kualitas air pendingin harus diperhatikan karena akan membawa pengaruh terhadap korosi pada plat elemen bakar maupun sistem reaktor. Sebagai upaya menjaga kualitas air pendingin primer, maka didalam sistem pendingin primer terdapat sistem pemurnian air primer atau lebih sering disebut dengan sistem purifikasi[2]. Sistem ini memisahkan produk aktivasi dan pengotor mekanik dari air kolam reaktor dan menjaga kualitas pendingin primer pada tingkat tertentu. Disamping sistem purifikasi juga dilakukan pemasangan skimer dalam kolam reaktor yang berfungsi untuk menangkap pengotor yang mengapung maupun melayang dalam kolam reaktor [5]. Kualitas air yang terjaga juga akan mampu untuk membatasi tingkat radiasi di balai operasi dan ruangan instalasi. Pemantauan kualitas air dilakukan secara rutin baik pada saat reaktor beroperasi maupun tidak beroperasi.

Tulisan ini akan menguraikan mengenai analisis terhadap pengotor di dalam air pendingin reaktor yang nampak secara visual melayang didalam air pada saat proses kegiatan pembentukan Teras 96. Berdasarkan fenomena tersebut maka dilakukan analisis pengotor untuk mengetahui jenis unsur dalam pengotor tersebut terkait keselamatan operasi reaktor. Pengukuran paparan pada sampel

pengotor dilakukan dengan alat pencacah laju dosis gamma Polimaster PM 17106NA. Identifikasi nuklida dan pengukuran aktivitas dilakukan dengan alat pencacah *Multi channel analyzer (MCA) Ortec A65-B32 Maestro-32* dengan detektor HPGe.

## METODE

### Sampling dan Preparasi Sampel

Pengambilan pengotor dilakukan pada saat kondisi reaktor tidak beroperasi. Proses pengambilan pengotor yang melayang dalam air dilakukan dengan cara memindahkan bahan bakar dari teras reaktor kedalam kolam penyimpan bahan bakar bekas. Dengan diangkatnya bahan bakar maka kotoran akan nampak sehingga dengan mudah dapat diarahkan pada satu tempat penampungan yang sudah dilapisi dengan bahan yang serupa dengan bahan penyaring/skimmer yang digunakan untuk menyaring pengotor yang mengapung di kolam reaktor (Gambar. 1). Pengangkatan bahan bakar dilakukan secara bergantian. Pengotor yang berhasil tersaring kemudian diangkat untuk dilakukan pengukuran paparan sebelum dilakukan pencacahan. Karena tingkat paparan masih melebihi batas yang diperbolehkan untuk dilakukan penanganan langsung, maka pengotor didiamkan untuk beberapa waktu agar paparan mengalami penurunan. Pengukuran paparan kembali dilakukan tujuh hari kemudian hingga mencapai harga yang aman untuk dilakukan penanganan selanjutnya. Pengambilan pengotor yang menempel pada kain penyaring dilakukan dengan menggunakan spatula (sendok bahan kimia). Pengotor yang berhasil diambil diletakkan dalam cawan petri (Gambar. 2). Pencacahan dilakukan dengan alat pencacah *Multi channel analyzer (MCA) Ortec A65-B32 Maestro-32* dengan detektor HPGe yang memiliki resolusi 1,8 keV dengan efisiensi relatif 9% pada energi 1332 keV. Pengukuran aktivitas dilakukan menggunakan metode perbandingan dengan sumber standar bersertifikat

dari Amersham yang sudah diketahui aktivitasnya.



Gambar. 1. Pengambilan pengotor

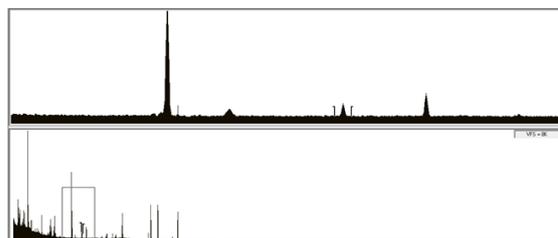


Gambar. 2. Pengotor

Tabel 1. Hasil Pengukuran Paparan Pengotor

Nama sampel	Alat ukur	Tanggal pengukuran	Paparan
Pengotor	Pencacah laju dosis gamma	21 Mei 2018	0,66 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$
	Polimaster PM 17106NA	28 Mei 2018	0,28 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$

Untuk mengetahui jenis radionuklida pemancar gamma yang terkandung di dalam pengotor di dalam air pendingin primer, maka pengotor yang berhasil ditampung dalam kain penyaring diambil dengan spatula (sendok bahan kimia) kemudian diletakkan dalam cawan petri untuk dianalisis. Dilihat secara visual, pengotor berbentuk padatan berwarna putih mengkilat serupa sisik halus. Hasil pencacahan menunjukkan adanya beberapa jenis nuklida dalam sampel air pendingin primer. Berikut adalah spektrum gamma hasil pencacahan sampel pengotor air primer.



Gambar. 3. Spektrum hasil pencacahan pengotor

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengotor yang berhasil tersaring diangkat keluar kolam reaktor dan diukur nilai paparannya. Pada saat pengambilan, nilai paparan yang ditimbulkan sebesar 0,66  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , sehingga tidak memungkinkan untuk dapat dilakukan pencacahan. Setelah diluruhkan selama 7 hari, pengukuran dilakukan kembali dan diperoleh nilai paparan sudah menurun menjadi 0,28  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Tabel 1 Hasil Pengukuran Paparan Pengotor menunjukkan besaran paparan yang ditimbulkan oleh pengotor air pendingin primer.

Perhitungan besaran aktivitas menggunakan sumber standar campuran  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{60}\text{Co}$  yang bersertifikat untuk mendapatkan harga efisiensi energi. Berdasarkan hasil pencacahan maka diperoleh 12 jenis nuklida yang dapat ditentukan aktivitasnya.

Tabel 2 Hasil pengukuran aktivitas radionuklida, menunjukkan nuklida yang teridentifikasi serta besaran aktivitas masing masing unsur pengotor dalam air pendingin primer terhitung pada tanggal pengambilan sampel.

Tabel 2. Hasil pengukuran aktivitas radionuklida

No	Nuklida	Energi (keV)	T <sub>1/2</sub> (hari)	Aktivitas (Bq)
1	Mo-99	140,51	2,75	71,26
2	Ce-141	145,44	32,5	47,06
3	Cr-51	320,08	27,7	982,43
4	Hf-181	482,18	42,39	1941,01
5	Sb-122	564,24	2,7	475,24
6	Sb-124	602,73	60,2	325,25
7	Zr-95	756,73	64,02	194,03
8	Co-58	810,77	70,82	207,96
9	Sc-46	889,28	83,81	1322,98
10	Fe-59	1099,3	44,5	877,83
11	Zn-65	1115,6	243,9	4865,53
12	Co-60	1173,2	1923,5	2646,77

Berdasarkan hasil pengukuran diatas nampak bahwa beberapa nuklida seperti <sup>99</sup>Mo, <sup>51</sup>Cr, <sup>122</sup>Sb, <sup>65</sup>Zn, <sup>60</sup>Co juga terdeteksi dalam air pendingin reaktor yang tertera pada tabel 3. Kualitas air pendingin reaktor. Unsur-unsur ini kemungkinan merupakan produk korosi dari bahan struktur yang teraktivasi di dalam pendingin primer khususnya pipa pendingin primer yang terbuat dari *stainless steel* (SS) 316 [3]. Unsur Zn-65 terbentuk dari aktivasi <sup>64</sup>Zn (n, γ), <sup>124</sup>Sb dari <sup>123</sup>Sb (n,γ). Radionuklida ini kemungkinan terbentuk dari aktivasi kontaminan uranium pada plat elemen bakar karena faktor fabrikasi[2]. Namun demikian unsur ini mampu ditangkap oleh sistem purifikasi yang ada dalam sistem pendingin primer. Dalam penelitian yang dilakukan sebelumnya, unsur Zn-65 ditemukan dalam pengotor resin penukar ion sistem purifikasi[6].

Berdasarkan sertifikat uji serbuk bahan bakar dari PT. Inuki dicantumkan adanya beberapa pengotor/impuritas dalam serbuk bahan bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> diantaranya adalah unsur Fe, Ni, Zn, dan Mn. Meskipun pengotor tersebut memiliki konsentrasi yang relatif kecil dan tidak berpengaruh terhadap total Boron ekivalen namun tidak bisa diabaikan begitu saja. Unsur <sup>58</sup>Co yang teridentifikasi dalam pengotor terbentuk dari <sup>58</sup>Ni(n,γ). <sup>59</sup>Fe terbentuk dari <sup>58</sup>Fe (n,γ). Unsur <sup>181</sup>Hf dan <sup>95</sup>Zr terdeteksi dalam sampel pengotor. Keberadaan Hafnium dalam sampel pengotor ini secara visual ditandai dengan warna yang putih mengkilat. Hafnium merupakan logam dengan warna terang perak. Unsur Hafnium

sulit dipisahkan dengan Zirkonium. Dalam reaktor nuklir Zirkonium terutama digunakan sebagai kelongsong elemen bakar karena mempunyai tampang lintang serapan neutron termal yang rendah (0,185 barn) sedangkan. Sifat-sifat Hafnium sangat ditentukan oleh keberadaan unsur Zirkonium. Hafnium memiliki absorpsi *cross-section* yang baik untuk neutron, yaitu 102 barn. Hafnium sendiri di dalam reaktor nuklir digunakan sebagai batang kendali[1]. Jika dilihat dari Tabel 3 hasil analisis terhadap air pendingin reaktor, maka tidak ditemukan adanya unsur <sup>181</sup>Hf dan <sup>95</sup>Zr. Kedua unsur ini hanya terdeteksi dalam pengotor yang melayang disekitar bahan bakar. Pada umumnya pemakaian paduan logam Zirkonium khususnya *zircaloy* digunakan sebagai bahan kelongsong dan tutup ujung pada elemen bakar[4]. Perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam untuk mengambil langkah selanjutnya sehubungan dengan pengotor dalam air pendingin reaktor agar tidak menimbulkan permasalahan yang menyangkut aspek keselamatan dikemudian hari.

Tabel 3. Kualitas air pendingin reaktor (KBE01)

Unsur	T 1/2 (hari)	Energi (keV)	Input (Bq/l)	Output (Bq/l)	LAK (Bq/l)
<sup>99</sup> Mo	2,75	140,94	1,67E+02	0,00E+00	
<sup>132</sup> Te	3,26	228	1,82E+02	1,70E+02	5,14E+03
<sup>51</sup> Cr	27,7	320	1,24E+02	0,00E+00	3,70E+04
<sup>131</sup> I	8,04	364,48	2,68E+01	2,27E+01	1,49E+03
<sup>122</sup> Sb	2,7	564	2,35E+02	2,34E+02	
<sup>124</sup> Sb	60,2	1099,25	3,67E+01	3,62E+01	
<sup>60</sup> Co	1923,55	1173,24	2,10E+01	8,03E+00	2,11E+02
<sup>65</sup> Zn	243,9	1115,55	1,64+01	0,00E+00	

## KESIMPULAN

Unsur <sup>181</sup>Hf dan <sup>95</sup>Zr terdeteksi dalam pengotor tetapi tidak terdeteksi dalam air pendingin reaktor. Namun hal ini tidak berpengaruh terhadap aspek keselamatan operasi reaktor. Penelitian dengan menggunakan teknik analisis yang memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi, diperlukan sebagai langkah selanjutnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. B. Dwi, “Pemisahan Zirkonium (Zr) dan Hafnium (Hf) Memakai Campuran Solven TBP-D2EH dan Amberlite XAD-16”, Jurnal Iptek Nuklir Ganendra vol. 20 no. 1, pp. 9 -21, 2017.
2. BATAN RSG-GAS, Multipurpose Reactor G.A. Siwabessy Safety Analysis Report Rev.10.1: BATAN, 2011.
3. H. Abdul, “Analysis of The Inspection Result on The Primary Cooling Pipe of RSG-GAS Reactor“, Sigma Epsilon, Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir, vol 19 no 2, pp. 53-64, 2015.
4. N. Arif., “Penentuan Kandungan Sn, Fe, Cr, Ni, dan Pengotor Zircaloy-2 Sebagai Bahan Kelongsong dan Tutup Ujung Elemen Bakar Reaktor Daya” Urania vol. 14 no. 4, pp. 161 – 233, 2008.
5. R. Elisabeth, “Analisis Pengotor yang Tertangkap pada Skimer Sistem Pendingin Primer Reaktor RSG GAS”, Seminar Pendayagunaan Teknologi Nuklir, 2017.
6. R. Elisabeth, “Analisis Pengotor Pada Resin Trap Dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron”, Seminar Teknologi Reaktor, 2015.

