

## EVALUASI KONSENTRASI RADIOAKTIVITAS SISTEM AIR PENDINGIN PRIMER PADA PENGOPERASIAN BAHAN BAKAR SILISIDA 30 % DI RSG-GAS

Unggul Hartoyo, P.M. Udiyani, Anto Setiawanto

### ABSTRAK

**EVALUASI KONSENTRASI RADIOAKTIVITAS SISTEM AIR PENDINGIN PRIMER PADA PENGOPERASIAN BAHAN BAKAR SILISIDA 30 % DI RSG-GAS.** Telah dilakukan evaluasi konsentrasi radioaktivitas air pendingin primer pada pengoperasian bahan bakar silisida 30 % di RSG-GAS. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mencuplik sampel air di sistem air pendingin primer pada saat reaktor beroperasi, kemudian sampel tersebut dihitung konsentrasi radioaktivitasnya. Dari data data perhitungan yang diperoleh, nuklida yang teridentifikasi dari cuplikan air pendingin primer adalah : Mn-56, Sb-124, Sb-122, Na-24, dan belum melebihi batas keselamatan yang telah ditentukan.

### ABSTRACT

**EVALUATION OF RADIOACTIVITY CONCENTRATION IN THE PRIMARY COOLING WATER SYSTEM OF THE RSG-GAS DURING OPERATION WITH 30 % SILICIDE FUELS.** The evaluating radioactivity concentration in the primary cooling water of the RSG-GAS during operation with 30 % silicide fuels has been performed. The method of the research is sampling of primary cooling water during operation of the reactor and calculation of its radioactivity concentration. Based on the data obtained from calculation, the identified nuclides in the water are, Mn-56, Sb-124, Sb-122 and Na-24, under the limit of safety value.

### PENDAHULUAN

Instalasi reaktor adalah suatu bagian yang sangat vital dan strategis. Oleh karena itu diperlukan sekali adanya sistem pengamanan dan kendali yang cukup handal untuk mencegah dan mengatasi kecelakaan reaktor baik yang membawa dampak bagi personil, pekerja radiasi maupun lingkungan. Telah dilakukan penggantian sebagian elemen bakar RSG-GAS dari jenis oksida menjadi silisida, untuk itu perlu dilakukan evaluasi terhadap konsentrasi radioaktivitas sistem air pendingin primer pada pengoperasian bahan bakar silisida di RSG-GAS

Elemen bakar  $U_3Si_2-Al$  adalah suatu elemen bakar alternatif yang diharapkan dapat menggantikan elemen bakar  $U_3O_8-Al$  di masa mendatang karena beberapa faktor keunggulan yang dimiliki oleh  $U_3Si_2-Al$ . Faktor keunggulan tersebut antara lain, densitas  $U_3Si_2-Al$  yang lebih besar dari pada  $U_3O_8-Al$  sehingga menghasilkan angka muat uranium yang lebih tinggi pada volume muatan yang sama. Di samping itu  $U_3Si_2-Al$  lebih stabil dibandingkan dengan  $U_3O_8-Al$  sehingga tingkat fraksi bakarnya dapat ditingkatkan secara teoritis hingga 90%. Dengan begitu dapat dilakukan penghematan dalam hal elemen bakar teras RSG-GAS. Pada konfigurasi

teras 38 elemen bakar  $U_3Si_2-Al$  terpasang pada posisi teras reaktor, C - 4, E - 10, F - 9, F - 10, A - 4, C - 8, H - 8, C - 10, H - 4, H - 9, A - 9, C - 3, F - 3.

Sistem Pendingin Reaktor didisain untuk membuang panas yang timbul dalam teras reaktor sebagai akibat terjadinya reaksi fisi. Panas yang timbul di teras reaktor diambil oleh pendingin primer dan kemudian dipindahkan ke sistem pendingin sekunder dengan melewati penukar bahang (*heat exchanger*). Selanjutnya panas dibuang ke atmosfer lingkungan dengan menggunakan menara pendingin yang terdapat pada sistem sekunder. Sebagai medium pembawa panas pada sistem pendingin primer digunakan air dimineralisasi. Apabila terjadi kebocoran bahan bakar maka radionuklida hasil belahan akan larut dalam air pendingin primer. Demikian pula apabila terjadi korosi pada bahan reaktor akan menyebabkan air pendingin terkontaminasi dan paparan radiasi menjadi tinggi. Untuk itu diperlukan suatu pengamatan radioaktivitas terhadap air pendingin primer. Besarnya radioaktivitas yang terdeteksi pada air pendingin reaktor dapat dijadikan indikasi tentang adanya ketidaknormalan operasi reaktor, untuk itu, maka perlu dijaga kondisi reaktor untuk mengantisipasi kecelakaan.

Melalui penelitian ini akan diperoleh data hasil konsentrasi radioaktivitas pada pendingin primer RSG-GAS secara akurat dan hasil analisisnya tidak melebihi batas-batas keselamatan yang telah ditentukan di dalam SAR- RSG-GAS.

Dalam makalah ini disajikan hasil evaluasi konsentrasi radioaktivitas teras XXXVIII pada sistem pendingin primer RSG-GAS ketika reaktor beroperasi normal pada tingkat daya 15 MW.

## DASAR TEORI

Sistem pendingin primer reaktor berfungsi untuk memindahkan panas yang timbul di teras reaktor baik pada saat operasi normal, gangguan maupun kecelakaan. Tujuannya adalah untuk menjaga keutuhan bahan bakar dan material struktur reaktor agar tidak terjadi pelepasan zat radioaktif. Sistem pendingin primer RSG-GAS didesain mampu memindahkan panas nominal 3000 kilowatt termal. Pengambilan panas tersebut dilakukan dengan cara mengalirkan air pendingin lewat celah bahan bakar dan dibuang ke udara oleh sistem pendingin sekunder, melalui menara pendingin.

Metoda yang digunakan dalam mengevaluasi konsentrasi radioaktivitas sistem air pendingin primer RSG-GAS, yaitu dengan analisis spektrometri gamma. Metode spektrometri gamma dilakukan dengan menganalisis cuplikan air pendingin primer yang diambil dari sistem pendingin primer, 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.

## TATA KERJA

### A. ALAT DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN

#### 1. Alat Yang Digunakan :

- Surveimeter gamma "Babyline-81" eks Nardeux
- Sistem Spektrometer Gamma latar rendah dengan MCA "ADCAM 100" eks Ortec berbasis detektor HP-Ge eks Tennelec;

#### 2. Bahan Yang Digunakan

- Sumber Standar Eu -152
- Merineli kapasitas 1 liter
- Jerigen kapasitas 1 liter

### B. PENYIAPAN PENGUKURAN

Sampling air pada sistem pendingin primer RSG-GAS dilakukan pada teras XXXVIII dimana elemen bakar yang digunakan sebanyak 40 elemen bakar standar (terdiri dari 28 elemen bakar jenis  $U_3O_8$ -Al dan 12 elemen bakar jenis  $U_3Si_2$ -Al) ditambah 8 elemen bakar kendali (terdiri dari 7 elemen bakar kendali jenis  $U_3O_8$ -Al dan 1 elemen bakar kendali jenis  $U_3Si_2$ -Al) dengan berat rerata U-235 awal siklus 11.427,30 gram, berat rerata U-235 akhir siklus 8126,20 gram, fraksi bakar rerata awal siklus 22,50 % dan fraksi bakar rerata akhir siklus 28,91 %. Pengambilan sampel pendingin primer di lakukan dari tempat ruang pompa (KBE01 in 0231, KBE02 in 0232), dan reaktor beroperasi pada daya 15 MW<sub>th</sub>, masing-masing diambil sebanyak 1 liter, kemudian dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Untuk menentukan jenis radionuklida dan konsentrasinya, digunakan spektrometer gamma dengan MCA & detektor HP-Ge. Sebelum dan sesudah melakukan pencacahan cuplikan air, spektrometer gamma dikalibrasi terlebih dahulu efisiensi deteksinya terhadap energi dan energinya terhadap nomor salur dengan menggunakan Sumber Standar Eu -152 berbentuk cair dalam merineli berkapasitas 1 liter. Masing-masing cuplikan dicacah selama 8000 detik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif dari cuplikan air sistem pendingin primer RSG-GAS pada teras XXXVIII dimana terdiri dari 28 elemen bakar jenis oksida dan 12 elemen bakar jenis silisida serta ditambah 7 elemen bakar kendali jenis oksida dan 1 elemen bakar kendali jenis silisida (konfigurasi teras pada lampiran 1) dengan reaktor beroperasi pada daya 15 MW<sub>th</sub> disajikan pada Tabel 1. Dari tabel itu tampak bahwa sebagian besar dari radionuklida yang terdeteksi adalah, yaitu : Sb-124, Mn-56, Sb122, Sb-124, Na-24.

Kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan hasil analisis sebelum adanya pergantian bahan bakar, yang telah dilakukan pada peneliti sebelumnya. Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif ditunjukkan pada tabel 2.

Dari hasil kedua cuplikan dengan membandingkan konsentrasi radioaktivitas pada pengoperasian bahan bakar silisida dan sebelumnya, terlihat ada beberapa perbedaan radioaktivitas yang muncul.

Untuk Na-24 dan Sb-124 akan mempengaruhi paparan radiasi. Nuklida tersebut berasal dari hasil aktivasi neutron dan material yang ada di kolam reaktor.

Dari kedua hasil analisis tersebut dibandingkan dengan Konsentrasi Radioaktivitas yang terdapat dalam SAR disajikan pada Tabel 3.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan spektrometri gamma diperoleh konsentrasi radioaktivitas yang relatif. Dari hasil ini, disimpulkan bahwa konsentrasi radioaktivitas sistem air pendingin primer pada pengoperasian bahan bakar silisida 30 % di RSG-GAS masih tidak melebihi batas keselamatan yang ditentukan dalam SAR-RSG-GAS.

## DAFTAR PUSTAKA

1. PUDJIJANTO MS., MA"SUM ISCHAQ, MULYONO, WISNU SUSETYO, "Analisis Cuplikan Bahan Radioaktif Secara Kualitatif & Kuantitatif Menggunakan Metode Spektrometri Gamma", Laporan Kegiatan Intern Bidang (tidak dipublikasi) BK3, PPBMI, Batan Yogyakarta (1983).
2. PUDJIJANTO MS., "Penentuan Paparan Radiasi di Permukaan Pipa *Inlet / Outlet* Aliran Pendingin Primer RSG-GAS", Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian di PRSG tahun 1995/1996, (20-21 Mei 1996).
3. P.M. UDIYANI, "Radioaktivitas Air Kolam Pada Kondisi Sistem Lapisan Air Panas Beroperasi", Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian di PRSG tahun 1994-1995
4. BATAN Team, "*Safety Analysis Report of Multipurpose Reactor MPR-30*", 7<sup>th</sup> revision, Chapter 12.4.3 (Serpong, September, 1989).
5. BOR, P2TRR "Laporan Operasi Reaktor RSG-GAS Teras XXXVIII (15 juli 2000 s.d 12 Desember 2000 )
6. WISNU SUSETYO dan SUDARMADJI, "Kalibrasi Spektrometer- $\gamma$  dengan Metode PTB (*Physikalish Technische Bundesanstalt*)", Prosiding KIM, F 6.1-6.13 (1983).

Tabel 1. Hasil pencacahan cuplikan air pada pendingin primer .

No.	Radionuklida	Umur Paroh ( $T_{1/2}$ )	Konsentrasi Radioaktivitas, (Ci/m <sup>3</sup> )
1	Mn-56	2,579 jam	$5,18 \cdot 10^{-5}$
2	Sb-122	2,70 hari	$1,02 \cdot 10^{-4}$
3	Sb-124	60,20 hari	$3,25 \cdot 10^{-4}$
4	Na-24	15 jam	$2,10 \cdot 10^{-4}$

Tabel 2. Hasil pencacahan cuplikan air dari Pendingin Primer sebelum bahan bakar silisida.

No.	Radionuklida	Umur Paroh ( $T_{1/2}$ )	Konsentrasi Radioaktivitas, (Ci/m <sup>3</sup> )
1	Sb-125	12,4 hari	$4,92 \cdot 10^{-4}$
2	Sb-122	2,70 hari	$1,02 \cdot 10^{-4}$
3	Sb-124	60,20 hari	$3,20 \cdot 10^{-4}$
4	I-132	2,3 jam	$2,10 \cdot 10^{-4}$
5	Te-132	78,2 jam	$3,10 \cdot 10^{-5}$
6	Na-24	15 jam	$1,20 \cdot 10^{-3}$

Tabel 3. Konsentrasi Radioaktivitas dalam air pendingin primer, dalam Ci/m<sup>3</sup>

NO.	Radionuklida Dalam Sistem	JE01 *)	KBE01 **)	KBE02 **)	FAK01 **)
1	Co-60	5,70E-06	2,10E-01	3,90E-03	1,70E-03
2	S-35	0,00E+00	1,50E+01	2,80E-01	1,20E-01
3	Eu-155	5,30E-09	2,20E-04	4,00E-06	1,70E-06
4	Sm-151	1,60E-09	6,10E-05	1,10E-06	4,80E-07
5	Nd-147	2,20E-06	1,40E-02	2,60E-04	1,10E-04
6	Pr-144	3,40E-03	8,00E-02	1,50E-03	6,30E-04
7	Ce-144	2,20E-06	1,20E-02	2,10E-04	9,30E-05
8	Ce-141	2,10E-05	1,70E-01	3,10E-03	1,30E-03
9	Ba/La-140	5,50E-04	4,60E-01	8,40E-03	3,70E-03
10	Cs-137	6,50E-08	2,60E-03	4,80E-05	2,10E-05
11	Cs-134	3,60E-08	1,50E-03	2,70E-05	1,20E-05
12	Te-132	1,40E-04	2,10E-01	3,90E-03	1,70E-03
13	Te-131 m	2,50E-04	8,00E-02	1,50E-03	6,30E-04
14	Te-129 m	4,50E-06	3,50E-02	6,50E-04	2,80E-04
15	Te-127 m	1,80E-07	1,10E-04	2,00E-06	8,60E-07
16	Sb-122	2,40E-09	9,00E-04	1,70E-05	7,20E-06
17	Sb-124	1,50E-07	9,80E-03	1,80E-04	7,70E-05
18	Rh-106 m	1,70E-04	4,60E-04	8,40E-06	3,60E-06
19	Ru-106	1,30E-07	4,10E-03	7,60E-05	3,30E-05
20	Rh-106	1,60E-03	2,10E-01	3,90E-03	1,70E-03
21	Ru-103	6,10E-04	4,90E-01	8,60E-03	3,90E-03
22	Nb-95	2,10E-05	9,30E-02	1,70E-03	7,40E-03
23	Zr-95	1,10E-05	9,30E-02	1,70E-03	7,40E-03
24	Y-91	1,10E-05	1,70E-01	3,20E-03	1,40E-03
25	Y-90	2,30E-04	4,40E-02	8,10E-04	3,50E-04
26	Sr-90	6,50E-08	2,50E-03	4,70E-05	2,00E-05
27	Sr-89	1,10E-05	1,40E-01	2,60E-03	1,10E-03
28	Fe-59	6,30E-06	1,10E-02	2,00E-04	8,70E-05
29	Ni-65	1,40E-05	1,60E-02	2,90E-04	1,20E-04
30	Co-58	3,40E-06	1,20E-03	2,30E-05	9,80E-06
31	Mn-56	1,50E-05	3,90E-03	7,20E-05	3,10E-05
32	Mn-54	6,80E-07	2,30E-02	4,20E-04	1,60E-04
33	Cr-51	1,00E-03	6,20E-04	1,10E-05	4,90E-06
34	Mg-27	5,00E-05	2,60E-03	4,80E-05	2,10E-05
35	Al-28	1,50E-03	4,90E-09	9,00E-11	3,90E-11
36	Na-24	2,40E-03	1,00E+00	1,80E-02	7,90E-03
	<b>Total, [Ci/m<sup>3</sup>]</b>	<b>1,20E-02</b>	<b>1,86E+01</b>	<b>3,45E-01</b>	<b>1,62E-01</b>

Lampiran 1. KONFIGURASI TERAS TIGA PULUH DELAPAN

K	BS+59	B-29	B-30	PRTF	B-20	B-13	B-8	BS+10	B-5	B-2
J	B-28	BS+58	B-22	PRTF	B-21	B-23	B-24	B-4	BS+52	B-15
H	B-26	RI-266 12	RI-263 11	RI-254	RI-255	RI-251	RI-265	B-19	B-17	BS+51
G	B-16	RI-50	RI-231 10	AL-4	RI-201	RI-240	RI-242	B-40	BS+57	B-14
F	RI-252 9	RI-226	RI-249	RI-243	RI-235	RI-261	RI-239	RI-269 8	B-32	PNRA
E	RI-225	RI-207	RI-256	AL-6	AL-3	RI-244	AL-8	RI-260	B-34	HYRA
D	RI-246	AL-2	RI-232	AL-5	AL-7	RI-258	RI-209	RI-247 7	B-36	HYRA
C	RI-264 6	RI-237	RI-262	RI-236	RI-241	RI-248	RI-224 5	RI-268 4	B-37	HYRA
B	BS+54 NS	RI-245	RI-223	RI-200	AL-1	RI-234 3	RI-257	B-06	B-11	HYRA
A	B-10	RI-267 2	RI-238	RI-259	RI-250	RI-51	RI-253 1	B-03	BS+56	B-1
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Keterangan :

B = Beryllium, BS+ = Beryllium Stopper dengan sumbat, Al = Aluminium Stopper tanpa sumbat, RI = Elemen Bakar, NS = Sumber Neutron

1,2,3, dst = Langkah Pemuatan Elemen Bakar