

## KAJIAN PAPARAN RADIASI GAMMA DI ATAS KANAL HUBUNG PRSG – PSTBM PADA SAAT REAKTOR RSG-GAS BEROPERASI

Unggul Hartoyo<sup>1)</sup>, Mashudi, Suhadi

PRSG Batan Serpong Indonesia [unggul@batan.go.id](mailto:unggul@batan.go.id)

### ABSTRAK

**KAJIAN PAPARAN RADIASI GAMMA DI ATAS KANAL HUBUNG PRSG-PSTBM PADA SAAT REAKTOR RSG-GAS BEROPERASI.** Untuk menjamin keselamatan radiasi dan lingkungan, dari adanya kegiatan operasi Reaktor Serba Guna GA. SIWABESSY (RSG-GAS) telah dilakukan pemantauan daerah kerja dari paparan radiasi gamma. Berkas neutron RSG-GAS yang akan digunakan melalui beam tube S-5 yang menyalurkan berkas neutron ke gedung Neutron Guide Hall (PSTBM) ternyata juga menyumbangkan paparan radiasi gamma. Tujuan kegiatan ini dilakukan untuk menentukan bahwa tidak ada tingkat radiasi gamma yang melebihi batas keselamatan di atas kanal hubung PRSG-PSTBM. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran paparan radiasi gamma dengan kondisi reaktor RSG-GAS beroperasi. Dari hasil pengukuran paparan radiasi gamma di atas kanal hubung PRSG-PSTBM terpantau dari beberapa titik pengukuran terkecil 0.29  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  dan terbesar 2.23  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , nilai tersebut melebihi batas yang telah dipersyaratkan dari Komisi Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong 0.3  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Setelah dilakukan perhitungan, maka di atas Kanal Hubung PRSG-PSTBM diperlukan penambahan shielding beton setebal minimal 20 cm, agar persyaratan dapat terpenuhi. Oleh sebab itu perlu adanya kerjasama dari Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) dan Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) untuk mengendalikan paparan radiasi gamma di kanal hubung PRSG – PSTBM agar paparan radiasi di sekitar Kanal dibawah batas yang dipersyaratkan.

Kata kunci: gamma, kanal hubung, reaktor

### ABSTRACT

**GAMMA RADIATION EXPOSURE ASSESSMENT IN THE CHANNEL PSTBM - PRSG WHILE THE REACTOR RSG-GAS OPERATES.** To ensure radiation safety and the environment, of their operations Multipurpose Reactor GA. Siwabessy (RSG-GAS) has been monitoring the working area of exposure to gamma radiation. RSG-GAS neutron beam that will be used through a beam tube S-5, which distribute the neutron beam to the building Neutron Guide Hall (PSTBM) was also donated exposure to gamma radiation. The purpose of this activity is done to determine that no gamma radiation levels that exceed safety limits over the canal PRSG-PSTBM circuited. The method is by measuring the gamma radiation exposure to the conditions of RSG-GAS reactor operates. From the results of measurements of gamma radiation exposure over the canal circuited PRSG-PSTBM observed from some of the smallest measurement points 0:29  $\mu\text{Sv}/\text{h}$  and 2:23 biggest  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ , the value exceeds the limit that has been required of the Commission on Radiation Protection Nuclear Region Serpong 0.3  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ . After calculation, then above the Channel Hubung PRSG-PSTBM required the addition of shielding concrete with minimum thickness of 20 cm, so that requirements can be met. Therefore, it needs the cooperation of the Center Multipurpose Reactor (PRSG) and the Center for Advanced Science and Technology of Materials (PSTBM) to control exposure to gamma radiation in the canal circuited PRSG - PSTBM that exposure to radiation around Canal below the required limit.

Keywords : gamma radiation, canal circuited, reactor

### PENDAHULUAN

Pengendalian daerah kerja terhadap paparan radiasi adalah suatu hal yang mutlak yang harus dilakukan, baik radiasi gamma, beta, alpha maupun neutron agar dosis yang diterima pekerja radiasi serendah mungkin dan tidak melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang diijinkan, serta paparan radiasi yang ditimbulkan tidak merugikan dan membahayakan

masyarakat dan lingkungan. RSG-GAS memiliki program pengendalian daerah kerja dari paparan radiasi gamma, untuk untuk menjamin keselamatan radiasi saat kegiatan operasi reaktor, pengendalian kerja dari paparan radiasi dilingkungan RSG-GAS termasuk di atas kanal hubung gedung PRSG dan PSTBM, diperlukan suatu sistem proteksi dan petugas proteksi radiasi yang handal. Dari penelitian sebelumnya [1] diketahui bahwa di RSG-GAS paparan radiasi neutron hanya terdapat di Balai Percobaan (lantai 0.00 m) pada saat reaktor beroperasi, dan besar kecilnya paparan

radiasi gamma di Balai Percobaan ini dipengaruhi oleh beroperasi tidaknya (shutter terbuka atau tertutup) dari fasilitas-fasilitas pengguna neutron yang ada. Pada saat reaktor RSG-GAS beroperasi dan tabung berkas S-5 yang menyalurkan berkas neutron ke gedung Neutron Guide Hall (PSTBM) dalam posisi main shutter terbuka didapat paparan radiasi neutron dan gamma di atas kanal hubung adanya kenaikan paparan radiasi gamma yang cukup besar melebihi batas background yang dipersyaratkan dari Komisi Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong yaitu  $0,3 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Sehubungan kanal tersebut adalah akses bagi pekerja radiasi dan pekerja kebersihan untuk melakukan kegiatan rutin, untuk itu perlu adanya pengendalian paparan radiasi gamma di atas kanal hubung yang menghubungkan gedung PRSG dan PSTBM.

Tujuan kajian paparan radiasi di atas kanal hubung PRSG – PSTBM dilakukan untuk menentukan bahwa tidak ada tingkat radiasi gamma yang melebihi batas keselamatan di atas kanal tersebut sehingga pekerja radiasi yang melalui kanal hubung tersebut sesuai dengan batasan yang diizinkan oleh BAPETEN, sebesar  $10 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ .

Metoda yang digunakan dalam kajian paparan radiasi gamma di atas kanal hubung PRSG-PSTBM yaitu dengan melakukan pengukuran paparan radiasi gamma dengan kondisi reaktor RSG-GAS beroperasi dan semua fasilitas eksperimen pengguna neutron di Balai Percobaan dalam kondisi *shutter* terbuka. Dengan menggunakan survei meter *Radiation Alert Inspector*, dilakukan pengukuran sebanyak 15 titik lokasi pengukuran seperti terlihat pada Gambar 1. Titik-titik pengukuran difokuskan pada daerah fasilitas neutron yang sedang beroperasi yang tujuannya untuk mencari pada titik mana yang mempunyai tingkat paparan radiasi gamma paling tinggi, sehingga dapat diketahui titik-titik mana yang perlu dikendalikan.

## TEORI

Sumber radiasi neutron di Balai Eksperimen lantai 0.00 m RSG-GAS terdapat 6 (enam) buah fasilitas eksperimen (beam tube) dimana tabung berkas S-1 digunakan sebagai fasilitas Iodine Loop, tabung berkas S-2 digunakan untuk radiografi neutron, tabung berkas S-3 belum digunakan atau kosong, Tabung berkas S-4 digunakan untuk spektrometer neutron tiga sumbu. Tabung berkas S-5 dilengkapi dengan tabung berkas neutron untuk menyalurkan berkas neutron ke gedung

Neutron Guide Hall (PSTBM)I, serta sebagian berkas neutron digunakan untuk difraktometer neutron empat lingkaran. dan tabung berkas S-6 digunakan sebagai difraktometer neutron untuk pengukuran tegangan sisa. Fasilitas-fasilitas tersebut pada saat reaktor beroperasi dan beam tube tersebut beroperasi (shutter dibuka) pada titik lokasi tertentu terdapat paparan radiasi neutron dan gamma. Pengendalian daerah kerja yang dilakukan di RSG-RSG - GAS terdiri dari [2] :

### 1. Pemantauan rutin

Pemantauan rutin yaitu pemantauan paparan radiasi yang dilaksanakan secara berkala setiap hari untuk mengukur tingkat paparan radiasi di daerah kerja.

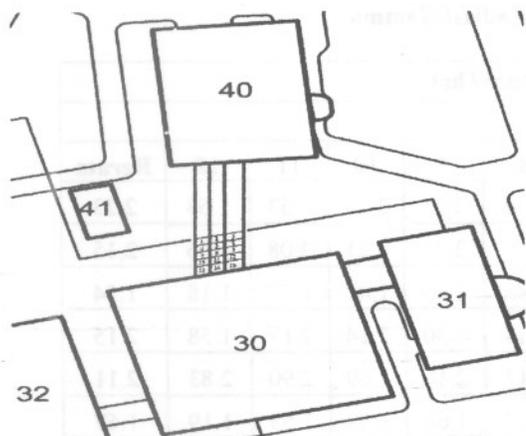
### 2. Pemantauan operasional

Pemantauan operasional yaitu pemantauan paparan radiasi yang dilaksanakan dalam waktu yang direncanakan pada pelaksanaan kegiatan operasi tertentu.

### 3. Pemantauan khusus

Pemantauan khusus yaitu pemantauan paparan radiasi yang dilakukan untuk memperoleh data yang digunakan untuk membuat laporan mengenai permasalahan yang ditimbulkan dari suatu keadaan tak normal, kejadian khusus atau kecelakaan.

Di RSG-GAS terdapat sistem proteksi radiasi terpusat yaitu suatu sistem pemantauan paparan radiasi yang terpasang permanen di berbagai lokasi yang dipilih dan ditentukan letaknya di dalam gedung reaktor. Sistem-sistem tersebut adalah sistem laju dosis gamma, sistem aerosol, sistem a-/3 aerosol, sistem gas mulia, sistem monitor cerobong dan sistem gamma air. Fungsi dan kegunaan dari sistem proteksi radiasi ini yaitu untuk mengukur tingkat radiasi ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  atau  $\text{Ci}/\text{m}^3$ ) dan menampilkan besarnya radiasi di Ruang Kendali Utama (RKU) membangkitkan alarm-alarm jika besar radiasi tertentu dilampaui dengan maksud untuk memperingatkan para pekerja radiasi. Dari sistem proteksi radiasi yang ada, tidak terdapat sistem pemantau paparan radiasi neutron yang terpasang permanen di Balai Percobaan maupun di Kanal hubung PRSG (Gedung 30) – PSTBM (Gedung 40). Pengendalian daerah kerja terhadap paparan radiasi neutron dan gamma RSG-GAS dilakukan secara manual dengan melakukan pemantauan atau pengukuran paparan radiasi gamma menggunakan survei meter portabel di titik-titik lokasi seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik Pengukuran

Telah dijelaskan bahwa tingkat paparan radiasi neutron di Balai Percobaan ini dipengaruhi oleh beroperasi tidaknya dari fasilitas-fasilitas pengguna neutron yang ada, sedangkan hasil pemantauan atau pengukuran paparan radiasi gamma yang mengacu pada kegiatan ini dilakukan pengukuran paparan radiasi gamma untuk mengetahui seberapa besar tingkat paparan radiasi gamma yang terukur di atas Kanal Hubung hamburan neutron PRSG - PSTBM jika fasilitas-fasilitas pengguna neutron yang ada beroperasi secara bersamaan dan seberapa besar paparan radiasi gamma di luar gedung reaktor sepanjang jalur (kanal) yang terhubung dengan gedung PSTBM. Karena secara institusi pengoperasian fasilitas-fasilitas pengguna neutron di Balai Percobaan berada di luar PRSG yaitu di PSTBM, sehingga perlu dikendalikan paparan radiasi gamma dengan bekerja sama dengan PSTBM. Kajian terhadap pengukuran paparan radiasi di atas kanal hubung PRSG - PSTBM dilakukan untuk menentukan bahwa tidak ada tingkat radiasi gamma yang melebihi batas keselamatan di atas kanal tersebut sehingga pekerja radiasi yang melalui kanal hubung tersebut aman sesuai dengan yang dipersyaratkan Komisi Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong.

#### TATA KERJA

Dalam Pengendalian paparan radiasi gamma di atas kanal hubung PRSG-PSTBM yaitu dengan melakukan pengukuran paparan radiasi gamma pada saat reaktor RSG-GAS beroperasi dan semua fasilitas eksperimen

pengguna neutron di Balai Percobaan dalam kondisi *shutter* terbuka. Peralatan surveimeter yang akan digunakan di check terlebih dahulu untuk memastikan alat tersebut dalam kondisi baik (tidak rusak), serta terkalibrasi serta mempersiapkan formulir untuk pencatatan data dari hasil pengukuran. Dengan menggunakan surveimeter *Radiation Alert Inspector*. Pengukuran paparan radiasi dilakukan dengan melakukan pengukuran sesuai dengan titik-titik yang telah ditentukan sebanyak 15 titik pengukuran. Pengukuran paparan radiasi gamma dilakukan pada saat reaktor RSG-GAS beroperasi, kemudian dievaluasi hasil dari pengukuran, pemantauan dilakukan selama 1 tahun.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

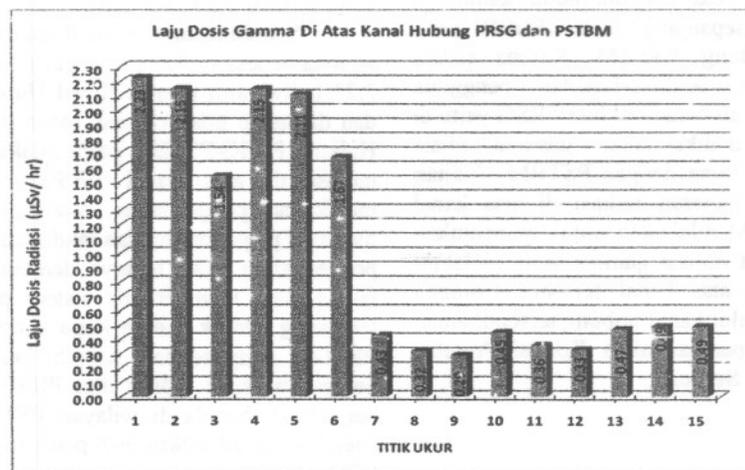
Pada pengukuran paparan radiasi gamma di Kanal Hubung PRSG-PSTBM dilakukan 15 titik pengukuran, pengukuran dilakukan pada saat reaktor beroperasi Hasil pengukuran penyisiran paparan radiasi gamma di atas Kanal Hubung PRSG - PSTBM selama reaktor beroperasi 15 MW dapat dilihat pada Tabel 1, kemudian dibuat grafik antara besarnya tingkat paparan radiasi fungsi titik lokasi pengukuran yang dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar dapat diketahui bahwa pada titik lokasi pengukuran dari 15 titik pengukuran yang terkecil sebesar  $0,29$  ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ) dan terbesar sebesar  $2,23$  ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ). Pada titik pengukuran 1,2,3,4,5,6,7,10, 11, 13,14,15, paparan radiasi melebihi batas yang dipersyaratkan. Sedangkan 8,9 dan 12, paparan radiasi mendekati batas yang dipersyaratkan yaitu sebesar  $0,3$  ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ).

Sehubungan dengan ditemukan paparan radiasi gamma sebesar  $0,32$  ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ) dan terbesar sebesar  $2,23$  ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ) di atas Kanal Hubung PRSG-PSTBM dan dianggap tidak normal, maka daerah di atas Kanal Hubung PRSG-PSTBM perlu dilakukan kajian paparan radiasi di atas kanal PRSG - PSTBM dengan melakukan pengendalian daerah kerja yaitu dengan memberi pagar kuning dan tanda radiasi atau melakukan pengendalian yang lainnya dengan memberi penahan radiasi atau memperbaiki sistem penahan yang telah terpasang. Untuk daerah kerja yang berada di wilayah PRSG pengendalian daerah kerja dilakukan oleh petugas proteksi radiasi dari PRSG dan untuk daerah kerja yang berada di wilayah PSTBM pengendalian daerah kerja dilakukan oleh petugas proteksi radiasi dari PSTBM.

Hasil Pengukuran Paparan radiasi Gamma dapat dilihat pada Tabel 1, dan grafik paparan radiasi gamma dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Pengukuran Paparan Radiasi Gamma

TITIK UKUR	Laju Dosis Radiasi ( $\mu\text{Sv/hr}$ )												Rerata
	BULAN												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	2.32	2.21	2.24	2.26	2.25	2.29	2.18	2.36	2.25	2.24	2.53	1.68	2.23
2	2.01	2.03	2.13	2.13	2.20	2.24	2.40	2.21	2.21	2.21	2.08	1.96	2.15
3	1.76	1.87	1.83	1.78	1.41	1.32	1.56	1.42	1.35	1.40	1.57	1.18	1.54
4	2.12	2.20	2.14	2.32	2.17	2.35	2.14	2.14	2.30	2.14	2.17	1.58	2.15
5	2.43	2.18	1.99	1.66	1.49	1.55	2.27	2.13	2.18	1.69	2.90	2.83	2.11
6	1.87	1.76	1.52	1.76	1.83	1.82	1.53	1.72	1.68	1.83	1.53	1.19	1.67
7	0.41	0.42	0.45	0.48	0.42	0.40	0.38	0.42	0.46	0.42	0.51	0.42	0.43
8	0.32	0.31	0.33	0.36	0.34	0.34	0.31	0.29	0.23	0.33	0.41	0.33	0.32
9	0.23	0.34	0.28	0.26	0.25	0.22	0.27	0.29	0.24	0.25	0.47	0.32	0.29
10	0.54	0.52	0.53	0.54	0.45	0.43	0.44	0.47	0.42	0.46	0.35	0.24	0.45
11	0.43	0.39	0.30	0.32	0.39	0.36	0.32	0.32	0.28	0.39	0.45	0.39	0.36
12	0.33	0.32	0.31	0.31	0.32	0.32	0.38	0.36	0.34	0.32	0.32	0.29	0.33
13	0.54	0.47	0.39	0.52	0.43	0.42	0.45	0.43	0.41	0.42	0.66	0.51	0.47
14	0.48	0.43	0.42	0.52	0.43	0.42	0.46	0.43	0.45	0.43	0.84	0.62	0.49
15	0.57	0.56	0.49	0.59	0.52	0.50	0.33	0.34	0.38	0.48	0.62	0.52	0.49

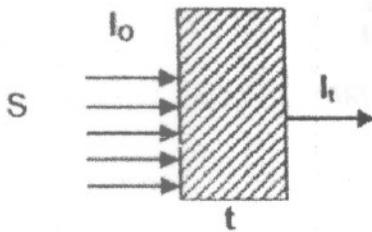


Gambar 1. Grafik Pengukuran Paparan Radiasi Gamma

Dari tabel dan grafik dapat diketahui bahwa pada titik titik lokasi pengukuran dari 15 titik pengukuran yang terkecil sebesar 0,29 ( $\mu\text{Sv/jam}$ ) dan terbesar sebesar 2,23 ( $\mu\text{Sv/jam}$ ). Pada titik pengukuran 1,2,3,4,5,6,7,10, 11, 13,14,15, paparan radiasi melebihi batas yang

dipersyaratkan. Sedangkan 8,9 dan 12, paparan radiasi mendekati batas yang dipersyaratkan yaitu sebesar 0,3 ( $\mu\text{Sv/jam}$ ).

Berdasarkan perhitungan terhadap hasil pengukuran diatas kanal hubung PRSG-PSTBM dengan rumus :



$$I_t = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

Dimana :

S = Sumber Radiasi

I<sub>t</sub> = laju penyinaran yang lolos

I<sub>0</sub> = laju penyinaran x satuan dari sumber

n = banyaknya HVL

t = tebal bahan

tebal perisai t = n x HVL

HVL sinar gamma untuk beton = 60,5 mm

contoh perhitungan :

$$I_t = 0,3 \mu\text{Sv/hr}$$

$$\mu = 0,078 \text{ cm}^{-1} \text{ untuk beton normal } \rho = 2350 \text{ kg/m}^3$$

$$I_0 = 2,23 \mu\text{Sv/hr}$$

Maka ;

$$\log \frac{I_t}{I_0} = \log \frac{0,3}{2,23} = 0,871183608$$

$$\log 2 = 0,301029996$$

$$n = \frac{0,871183608}{0,301029996} = 2,894009304$$

$$t = n \times \text{HVL} = 2,894009 \times 60,5 = 175,0875629 \text{ mm} = 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}$$

maka titik-titik pengukuran diperoleh tebal beton :

TITIK UKUR	Laju Dosis Radiasi (μSv/ hr)	Tebal beton cm	Laju Dosis Radiasi (μSv/ hr)
1	2.23	18	0.3
2	2.15	18	0.3
3	1.54	15	0.3
4	2.15	18	0.3
5	2.11	18	0.3
6	1.67	15	0.3
7	0.43	4	0.3
8	0.32	1	0.3
9	0.29	0	0.3
10	0.45	4	0.3

11	0.36	2	0.3
12	0.33	1	0.3
13	0.47	4	0.3
14	0.49	5	0.3
15	0.49	5	0.3

Dari pengukuran laju dosis yang terbesar 2,23 (μSv/ hr), dibutuhkan ketebalan beton setebal 18 cm. Jadi dalam menentukan ketebalan beton untuk memperoleh laju dosis 0,3 (μSv/ hr) sesuai dengan yang dipersyaratkan Komisi Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong , dilihat dari laju dosis yang paling besar maka di perlukan beton setebal minimal 20 cm di atas kanal hubung PRSG-PSTBM. Oleh sebab itu perlu dilakukan koordinasi antara PRSG dan PSTBM untuk melakukan penambahan lapisan beton sebagai pelindung paparan radiasi gamma di atas Kanal hubung .

#### KESIMPULAN

1. Pengukuran paparan radiasi gammadi atas Kanal Hubung RSG-PSTBM telah dilakukan, dimana hasil pengukuran dari 15 titik pengukuran yang terkecil sebesar 0,29 (μSv/ jam) dan terbesar sebesar 2,23 (μSv/ jam). Pada titik pengukuran 1,2,3,4,5,6,7,10, 11, 13,14,15, paparan radiasi melebihi batas yang persyaratkan. Sedangkan 8,9 dan 12, paparan radiasi mendekati batas yang dipersyaratkan yaitu sebesar 0,3 (μSv/ jam).
2. Untuk memperoleh laju dosis sebesar 0,3 (μSv/ jam), dilihat dari laju dosis yang paling besar sebesar 2,23 (μSv/ jam), maka Kanal Hubung PRSG-PSTBM perlu dilapisi beton setebal minimal 20 cm.
3. Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi itu perlu dilakukan koordinasi antara PRSG dan PSTBM untuk melakukan penambahan lapisan beton sebagai pelindung paparan radiasi gamma di atas Kana! hubung.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Anto Setiawanto, 2003, "Pengendalian Daerah Kerja Radiasi Gamma", Proseding, Hasil Penelitian Pusat Teknologi Reaktor Riset.
2. Yulius Sumarno, Kumpulan Laporan Rutin Evaluasi Paparan Radiasi Gamma RSG-GAS.
3. Perka BAPETEN No. 04. Tahun 2013, tentang proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir.
4. Pedoman Keselamatan dan Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong, Revisi 1 Tahun 2011