

## PENGENDALIAN PEKERJA RADIASI PADA SAAT SISTEM LAPISAN AIR HANGAT DI RSG-GAS TIDAK BERFUNGSI

Anto Setiawanto, Yulius Sumarno, Unggul Hartoyo

### ABSTRAK

**PENGENDALIAN PEKERJA RADIASI PADA SAAT SISTEM LAPISAN AIR HANGAT DI RSG-GAS TIDAK BERFUNGSI.** Sistem lapisan air hangat berfungsi untuk menahan radiasi yang ditimbulkan oleh produk fisi dan zat radioaktif lainnya agar tidak muncul ke permukaan air kolam reaktor. Ketika pemasukan atau pengeluaran sampel dari teras reaktor harus dilaksanakan pada saat reaktor sedang dalam keadaan beroperasi, maka besa kecilnya paparan radiasi diatas permukaan kolam harus dipantau dan dikendalikan agar paparan radiasi tetap pada nilai dosis yang diijinkan. Tulisan ini membahas tentang suatu kondisi dimana sistem lapisan air hangat tidak berfungsi bersamaan dengan kondisi bahwasanya sampel atau target material harus dimasukkan atau dikeluarkan dari reaktor. Langkah – langkah pemantauan dan pengendalian terhadap para pekerja radiasi yang harus tetap bekerja pada situasi tersebut dilakukan dengan cara mapping daerah radiasi, mengukur paparan radiasi disekitar balai operasi dan sekaligus mendampingi para pekerja radiasi yang sedang melaksanakan tugas. Dari hasil pengendalian dan pengukuran diketahui bahwa ada beberapa titik pengukuran paparan radiasi gamma yang melebihi batas normal  $R < 2,5$  mR/ jam. Nilai paparan radiasi gamma dilantai + 13,00 m adalah 13,5 mR/ jam. Sehingga batas waktu yang diijinkan untuk bekerja adalah  $\leq 88,8$  menit/ hari. Lebih lanjut dapat disimpulkan bahwa tidak berfungsinya sistem lapisan air hangat dapat menaikkan paparan radiasi. Situasi ini perlu penanganan khusus untuk menjaga agar prinsip ALARA dapat dipertahankan.

Kata kunci : Pengendalian Pekerja Radiasi

### ABSTRACT

**RADIATION WORKER CONTROLLING DURING WARM WATER LAYER SYSTEM AT RSG-GAS FAILED.** Function of Warm Water Layer System is to maintain radiation, developed by fission products and other activation products remain in the lower part of the reactor pool. Then radiation dose received by operators workers at the surrounding reactor hall, can be kept at low level. This paper is purposed to assess certain condition in which the Warm Water Layer System failed coincide with a condition that loading/ unloading of the target material to/ form the reactor core should be accomplished. Monitoring and controlling to the radiation worker continuously, worked are implemented by mapping of radiation area, measuring of radiation dose and accompanying them during working. It is noticed that failure of Warm Water Layer System raising radiation dose at several places at the reactor hall. The highest level is 13,5 mR/ hour and the maximum time allowed is 88,8 minutes/ day. Further it is can be concluded that failure of Warm Water Layer System should be responded soon in order to maintain radiation dose at lowest level then ALARA principle can be achieved successfully

Keyword: radiation worker control

## PENDAHULUAN

Salah satu dampak dari pengoperasian reaktor nuklir adalah terbangkitnya zat/partikel radioaktif. Disamping dapat bermanfaat untuk berbagai macam penelitian dan kesejahteraan manusia juga harus dikendalikan paparan dan sifat penyebarannya karena dapat membahayakan operator atau pekerja radiasi yang sedang berada di sekitar balai operasi.

Radiasi yang di timbulkan selama reaktor beroperasi adalah radiasi alpha, beta, gamma dan juga neutron. Radiasi alpha dan beta adalah radiasi dengan daya tembus sangat pendek tetapi mempunyai daya pengion. Radiasi gamma dan neutron tidak dapat mengionisasi materi tetapi mempunyai daya tembus yang besar. Semua jenis radiasi tersebut harus dikendalikan sehingga tidak mengenai manusia/ pekerja radiasi.

Agar radiasi tidak mengenai para pekerja sistem operasi reaktor dilengkapi dengan beberapa sistem penunjang/ proteksi di antaranya adalah sistem lapisan air hangat (*warm water layer*. WWL) WWL berfungsi untuk menahan radiasi agar tidak muncul ke permukaan air kolam, sehingga prinsip proteksi radiasi "*As Low As Reasonable Achievable*" dapat dicapai.

Beberapa tindakan proteksi yang harus diperhatikan oleh para pekerja radiasi dalam menjalankan tugasnya menangani sumber/zat radioaktif adalah bekerja dengan menggunakan perisai/ penahan radiasi, mempertahankan jarak terhadap sumber radiasi sejauh mungkin dan bekerja dalam tempo waktu yang sangat singkat. Dengan demikian para pekerja dapat terlindung dari paparan radiasi tinggi. Dosis radiasi yang diterima juga harus dipertahankan serendah mungkin, tidak melebihi nilai batas dosis (NBD) yang diijinkan.

Pendekatan lain yang perlu diusahakan adalah mengedalikan daerah kerja, dalam artian bahwa keselamatan daerah kerja harus dipantau dengan melaksanakan pengukuran di beberapa area sehingga diketahui tingkat

paparan radiasinya. Pantauan dan hasil pengukuran sangat berguna untuk membuat rencana kerja bagi para pekerja radiasi yang akan menangani sumber/ zat radioaktif di area tersebut. Rencana kerja disini ditekankan kepada jangka waktu yang diperbolehkan untuk bekerja.

Peralatan proteksi radiasi yang digunakan dalam melaksanakan pengukuran adalah peralatan portabel, handal dan selalu terkalibrasi sehingga dapat dijamin keakuratan data hasil pengukurannya.

Tulisan ini membahas tentang pengendalian pekerja radiasi pada saat sistem lapisan air hangat yang terletak di bagian atas kolam reaktor tidak berfungsi. Tindakan/langkah-langkah apa yang harus dilakukan oleh petugas proteksi radiasi (PPR) perlu ditetapkan untuk menjaga keselamatan para pekerja radiasi sehingga penerimaan paparan radiasi terhadap mereka dapat dijaga pada batas yang diijinkan.

## AZAS PROTEKSI RADIASI

Unsur dari sistem proteksi radiasi harus memenuhi ketentuan / azas proteksi radiasi yaitu :

- a. Azas manfaat (justifikasi)
- b. Azas optimum (optimasi)
- c. Pembatasan dosis perorangan (limitasi)

Bahaya radiasi eksterna ( radiasi dari luar tubuh) dapat dikendalikan dengan azas tersebut, sebagai berikut :

- Membatasi aktivitas sumber pada tingkat sekecil mungkin atau menggunakan berkas radiasi dengan intensitas yang rendah sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan
- Pembatasan jangka waktu bekerja.
- Bekerja dalam jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi.
- Menggunakan perisai radiasi di antara sumber radiasi dengan tempat kita bekerja.

### Nilai batas dosis

Nilai batas dosis (NBD) ditetapkan berdasarkan perkiraan bahwa setiap penyinaran berlanjut yang memberikan dosis tepat di atas nilai batas dosis akan menimbulkan resiko pada keadaan normal tidak dapat diterima dari upaya pemakaian tersebut. Nilai batas dosis yang ditetapkan dalam ketentuan adalah penerimaan dosis yang tidak boleh dilampaui oleh seorang pekerja radiasi selama jangka waktu setahun, tidak tergantung pada laju dosis, baik pada penyinaran eksternal maupun internal, tetapi tidak termasuk penerimaan dosis dari penyinaran alam.

### Ketentuan nilai batas dosis untuk pekerja radiasi

- NBD untuk penyinaran seluruh tubuh ditetapkan 50 mSv (5000 mrem) per tahun.
- NBD untuk wanita usia subur tidak lebih dari 13 mSv (1300 mrem) dalam jangka waktu 13 minggu dan tidak melebihi NBD untuk pekerja radiasi.
- NBD untuk wanita hamil tidak boleh melebihi 10 mSv (1000 mrem) selama kehamilan.
- NBD untuk penyinaran lokal dalam setahun dosis rata-rata pada setiap organ atau bagian jaringan yang terkena tidak melebihi 500 mSv (50000 mrem) dalam setahun. Batas dosis untuk lensa mata adalah 150 mSv (15000 mrem) dalam setahun, batas dosis untuk kulit adalah 500 mSv (50000 mrem) dan batas dosis untuk tangan, lengan, kaki dan tungkai adalah 500 mSv (50000 mrem) dalam setahun.

### METODE PENGENDALIAN DAERAH KERJA

#### Pengendalian Daerah Kerja Yang Dilakukan Di RSG-GAS Meliputi :

- Pemantauan rutin
- Pemantauan operasional

- Pemantauan khusus

#### 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 terpusat yaitu suatu sistem pemantauan paparan radiasi yang terpasang permanen di berbagai lokasi yang dipilih dan ditentukan letaknya di dalam gedung reaktor. Tampilan besarnya radiasi yang terukur di Ruang Kendali Utama (RKU) membangkitkan alarm-alarm jika nilai batas radiasi tertentu dilampaui dengan maksud untuk memperingatkan para pekerja radiasi. Pengendalian daerah kerja terhadap pekerja radiasi yang sedang bertugas pengeluaran sampel dan lain sebagainya harus didampingi oleh petugas proteksi radiasi dengan melakukan pemantauan atau pengukuran paparan radiasi menggunakan survey meter portabel yang terkalibrasi

### Pengendalian Paparan Radiasi Pada Saat Sistem Lapisan Air Hangat Tidak Berfungsi

Sistem lapisan air hangat terdiri dari tabung selinder yang ditempatkan secara horizontal dan mempunyai 24 batang pemanas listrik. Batang pemanas ini dihubungkan bersama dan dibagi dalam beberapa kelompok yang terdiri dari 6 kelompok dan akan hidup atau mati secara

otomatis oleh sensor perbedaan suhu. Selama kondisi operasi normal, daya pemanas dikontrol secara otomatis oleh sensor beda suhu air kolam bagian atas dan air kolam bagian bawah. Sistem lapisan air hangat berfungsi sebagai penahan paparan radiasi yang berasal dari hasil fisi terkumpul di dalam teras reaktor, sehingga paparan radiasi yang keluar ke permukaan kolam reaktor dapat di pertahankan sekecil mungkin.

Sistem lapisan air hangat yang terletak di bagian atas kolam reaktor mampu mempertahankan temperatur air kolam bagian atas lebih tinggi dari temperatur air kolam bagian bawah. Perbedaan suhu ini menyebabkan zat radioaktif yang berada di bagian bawah (sekeliling teras reaktor) tetap tertahan di bawah karena berat jenisnya lebih besar dari berat jenis air di bagian atas. Akibatnya radiasi diatas kolam dapat dipertahankan pada level yang rendah. Ketika sistem lapisan air hangat tidak berfungsi, paparan radiasi diatas kolam reaktor akan mengalami kenaikan. Dilain pihak sampel yang telah diiradiasi harus dikeluarkan dan reaktor tetap beroperasi sesuai jadwal yang berlaku. Keadaan tersebut adalah suatu keadaan tak normal sehingga pekerja radiasi yang akan melakukan pekerjaan di permukaan kolam reaktor harus didampingi oleh petugas proteksi radiasi dengan maksud untuk menjaga agar nilai batas bekerja (NBD) tidak dilampaui. Pemantauan paparan radiasi dilakukan untuk memperoleh data yang kemudian digunakan untuk pembuatan laporan mengenai permasalahan yang ditimbulkan dari suatu keadaan tak normal.

**Langkah – Langkah Pengendalian**

- Menyiapkan peralatan ukur radiasi gamma portabel yang telah terkalibrasi oleh PTKMR – BATAN pasar jumat.
- Menyiapkan formulir mapping gamma yang telah tersedia sesuai prosedur yang berlaku.

- Pengukuran dilakukan di Balai operasi reaktor lantai 13,00 m dengan 8 titik lokasi pengukuran.
- Mengisi hasil pengukuran pada kolom lembar formulir yang tersedia, masing-masing dengan daya reaktor 15 MW pada saat sistem lapisan air hangat dalam keadaan normal dan pada saat sistem lapisan air hangat dalam keadaan tidak normal.
- Membandingkan hasil pengukuran dan menghitung seberapa besar tingkat kenaikannya
- Mendampingi pekerja radiasi dan memantau tingkat paparan radiasi disekitar kolam reaktor/ tempat kerja supervisor, operator dan pekerja radiasi.
- Memperhitungkan berapa lama pekerja radiasi diperbolehkan bekerja pada daerah radiasi tersebut selama satu hari kerja,
- Membuat laporan dari hasil pengendalian paparan radiasi gamma dan melaporkan ke Ka. Subbid. Pengendalian Daerah Kerja.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 1. Data Pengukuran Paparan Radiasi gamma dengan Reaktor Operasi 15 MW pada saat sistem lapisan air hangat berfungsi/ normal di Balai operasi

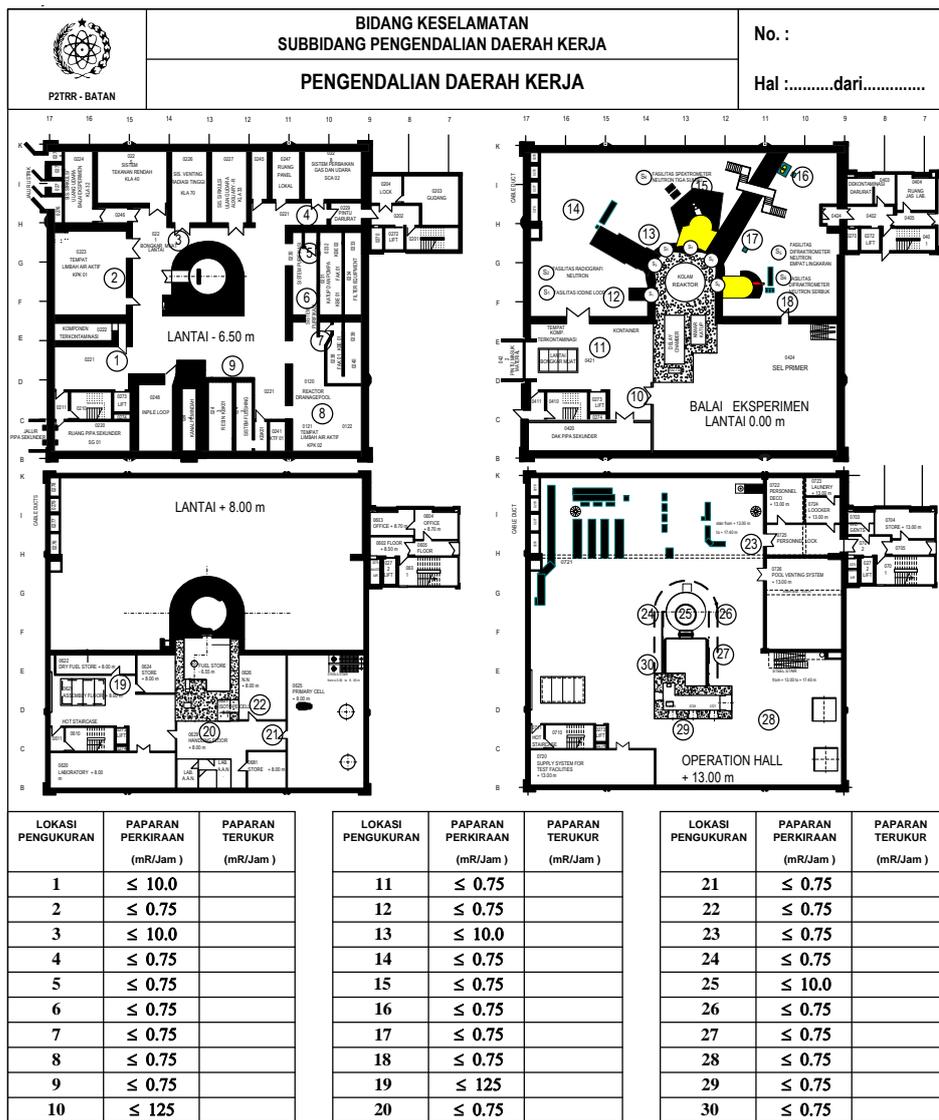
PAPARAN RADIASI GAMMA (mR/Jam)	
LOKASI PENGUKURAN	PAPARAN TERUKUR
23	0,20
24	0,40
25	1,40
26	0,30
27	1,20
28	0,22
29	0,22
30	1,20

Tabel 2. Data Pengukuran Paparan Radiasi gamma dengan Reaktor Operasi 15 MW pada saat sistem lapisan air hangat tidak berfungsi/tak normal di Balai operasi

PAPARAN RADIASI GAMMA (mR/Jam)	
LOKASI PENGUKURAN	PAPARAN TERUKUR
23	0,20
24	4,20
25	13,5
26	3,20
27	3,40
28	0,22
29	0,22
30	3,00

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur portabel radiasi gamma yaitu :

ALAT UKUR	TIPE
Smart Ion survey meter	model 2100 R MFG 506 no. M 0005559



Gambar 1 formulir mapping gamma di RSG-GAS

Rumus untuk mencari batas waktu bekerja dalam 1 hari adalah sebagai berikut :

$$\frac{\text{Paparasi dalam 1 hari}}{\text{Paparasi saat ini}} \times 60 \text{ menit} = \text{Batas waktu yang diizinkan dalam 1 hari (menit)}$$

BATAS WAKTU BEKERJA DIDERAH RADIASI

NO	PAPARAN (mR/jam)	BATAS WAKTU PEKERJA DALAM SEHARI (MENIT)	NO	PAPARAN (mR/jam)	BATAS WAKTU PEKERJA DALAM SEHARI (MENIT)
1.	5	240	20.	100	12
2.	10	120	21.	150	7,9
3.	15	79,9	22.	200	6
4.	20	60	23.	250	4,8
5.	25	48	24.	300	3,9
6.	30	39,9	25.	350	3,4
7.	35	34,2	26.	400	3
8.	40	30	27.	450	2,6
9.	45	26,6	28.	500	2,4
10.	50	24	29.	550	2,1
11.	55	21,8	30.	600	1,9
12.	60	19,9	31.	650	1,8
13.	65	18,4	32.	700	1,7
14.	70	17	33.	750	1,6
15.	75	16 t	34.	800	1,5
16.	80	15	35.	850	1,4
17.	85	14,1	36.	900	1,3
18.	90	13	37.	950	1,26
19.	95	12,6	38.	1000	1,2

Dari hasil pengukuran paparan radiasi gamma yang ditunjukkan pada gambar 1 dapat diketahui bahwa perbandingan paparan radiasi gamma di balai operasi pada daya 15 MW saat sistem lapisan air hangat beroperasi

normal dibandingkan dengan sistem tersebut tidak berfungsi maka di beberapa titik mengalami kenaikan dengan keterangan sebagai berikut :

NO	LOKASI PENGUKURAN	TINGKAT KENAIKAN PAPARAN RADIASI GAMMA DALAM PERSEN
1.	Titik nomor 23	0 %
2.	Titik nomor 24	± 950 %
3.	Titik nomor 25	± 864.3 %

NO	LOKASI PENGUKURAN	TINGKAT KENAIKAN PAPARAN RADIASI GAMMA DALAM PERSEN
4.	Titik nomor 26	± 966,6 %
5.	Titik nomor 27	± 183,3 %
6.	Titik nomor 28	0 %
7.	Titik nomor 29	0 %
8.	Titik nomor 30	± 150 %

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengukuran, perhitungan dan perbandingan pada keadaan normal operasi dan sistem lapisan air hangat tidak berfungsi maka terjadi kenaikan paparan radiasi gamma di ruang balai operasi dengan beberapa titik yang melebihi 2,5 mR/jam, sebagai tindakan proteksi radiasi maka lokasi di permukaan kolam reaktor harus dipagar kuning dan kepada supervisor, operator dan pekerja radiasi yang akan melaksanakan pekerjaan di ruang balai operasi seperti pengeluaran atau memasukan sampel irradiasi harus di dampingi oleh petugas proteksi radiasi selama pelaksanaan pekerjaan dengan memperhatikan batas waktu bekerja di daerah radiasi sesuai tabel diatas. Paparan radiasi di sekitar kolam reaktor balai operasi lantai + 13,00 m adalah 13,5 mR/ jam dengan demikian pelaksanaan pekerjaan ditentukan batas waktunya tidak boleh melebihi 88,8 menit dalam sehari, tetapi secara umum tingkat paparan radiasi gamma di RSG-GAS aman dan terkendali.

## SARAN

Dalam melaksanakan tugas dan tanggung jawab harus saling kerjasama antara supervisor, operator, pekerja radiasi dan petugas proteksi radiasi dengan demikian akan lebih meningkatkan kinerja keselamatan radiasi di RSG-GAS.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Prosedur Pengendalian Daerah Kerja
2. Laporan rutin paparan radiasi gamma RSG-GAS
3. Kumpulan diklat operator dan supervisor reaktor
4. Keputusan kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, nomor: 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi bagi Pekerja Radiasi
5. LAK. RSG-GAS Rev. 9