

POLA TINGKAT PAPARAN RADIASI GAMMA DALAM GEDUNG RSG-GAS PADA OPERASI NORMAL

Nugraha L., Tri Anggono, Anto S, Suhadi.
Staf Bidang Keselamatan Kerja - PRSG-Batan

ABSTRACT

POLA TINGKAT PAPARAN RADIASI GAMMA DALAM GEDUNG RSG-GAS PADA OPERASI NORMAL. Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) merupakan reaktor penelitian dengan tipe kolam terbuka dengan komponen-komponen utama berupa sistem pendingin primer dan sekunder, pesawat penukar panas, sistem-sistem pemurnian air terinstalasi pada ruangan-ruangan dalam gedung reaktor. Dari pengoperasian RSG-GAS dan kegiatan-kegiatan pemanfaatan reaktor, terdapat bahaya paparan radiasi yang mengandung potensi bahaya terhadap keselamatan pekerja, instalasi, maupun lingkungan. Terdapat ruangan-ruangan yang berpotensi mempunyai paparan radiasi gamma relatif tinggi dibandingkan dengan ruangan lain pada saat reaktor beroperasi. Paparan radiasi gamma pada ruangan-ruangan di dalam gedung reaktor harus selalu terpantau untuk memastikan bahwa pekerja radiasi terlindung dari paparan lebih selama operasi normal. Disajikan tingkat paparan radiasi gamma pada ruangan-ruangan dalam gedung reaktor pada kondisi reaktor beroperasi 15 MW dengan ragam pemanfaatan reaktor untuk berbagai keperluan. Dengan mengetahui pola tingkat paparan radiasi gamma pada ruangan-ruangan dimana sistem komponen utama reaktor terinstalasi, maka dapat bermanfaat untuk menilai apakah jalannya kegiatan dan pemanfaatan pengoperasian reaktor pada kondisi normal atau tidak.

Kata kunci: paparan radiasi gamma, gedung reaktor, operasi normal

ABSTRACT

PATTERN OF GAMMA RADIATION LEVEL IN RSG-GAS AT NORMAL OPERATION. The G.A. Siwabessy Reactor (RSG-GAS) is a pool type research reactor having main components of the primary cooler system and secondary cooler system, heat exchanger, water purification systems of which all of them are installed in rooms at reactor building. From operation RSG-GAS and activities of reactor utilization, there is danger radiation exposure to contain danger potency to worker safety, installation, and also environment. There is rooms that had presentation of gamma radiation was relative high compared to other room when reactor operates. Presentation of gamma radiation was at rooms in reactor building must always monitored to ensure that covert radiation worker from presentation more during normal operation. Presented of gamma radiation level in rooms at reactor building at 15 MWs reactor operation was presented. Given the pattern of gamma radiation level at rooms where component system main reactor terinstalasi, these data are useful to evaluate the utilization of reactor operation under normal or abnormal conditions

Key word: presentation of gamma radiation, reactor building, normal operation

PENDAHULUAN

Pusat Reaktor Serba Guna - Badan Tenaga Nuklir Nasional (PRSG-BATAN) merupakan institusi pemerintah yang mengemban tugas mengembangkan teknologi reaktor riset dan mengoperasikan reaktor secara aman. Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) merupakan reaktor riset (penelitian) yang memanfaatkan fluks neutron dari reaksi fisi (pembelahan) sedangkan panas yang dibangkitkan dibuang ke lingkungan. Pemanfaatan RSG-GAS tidak hanya untuk penelitian dan pengembangan dalam bidang Ilmu dan Teknologi Nuklir, tetapi juga untuk melayani kegiatan iradiasi nuklir. Penelitian di bidang

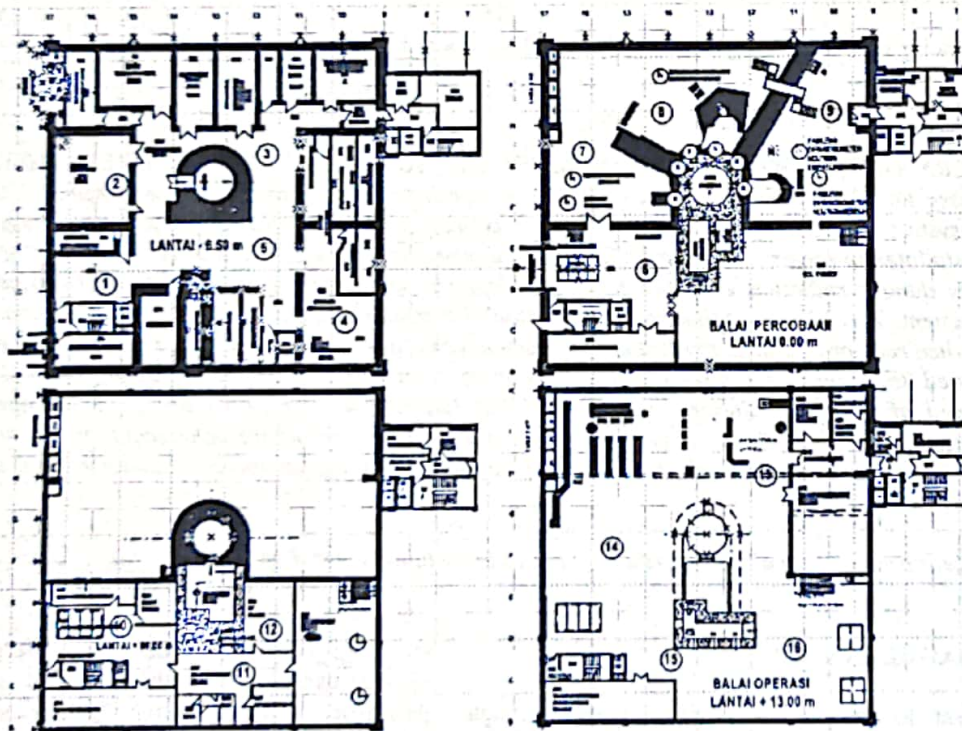
teknologi nuklir dititik beratkan pada penelitian di bidang bahan bakar nuklir, fisika reaktor, dan pelatihan operator reaktor. Sedangkan pelayanan kegiatan iradiasi dilakukan untuk penelitian uji material dan produksi isotop. RSG-GAS merupakan reaktor penelitian dengan tipe kolam terbuka dengan komponen-komponen utama sistem pendingin primer dan sekunder, pesawat penukar panas, sistem-sistem pemurnian air terinstalasi pada ruangan-ruangan dalam gedung reaktor. Selain manfaat tersebut diatas terdapat bahaya paparan radiasi yang mengandung potensi bahaya terhadap keselamatan pekerja, instalasi, maupun lingkungan. Paparan radiasi yang ada di dalam gedung reaktor berasal dari akibat beroperasinya reaktor dan berasal dari

sumber radiasi material-material paska iradiasi seperti kelongsong sampel, detektor neutron, batu topaz dan lain-lain.

Untuk menjamin keselamatan radiasi dari adanya kegiatan pengoperasian RSG-GAS perlu adanya program pengendalian paparan radiasi yang intensif terhadap personil dan daerah kerja berdasarkan atas prinsip *ALARA (As Low As Reasonably Achievable)*. Pemantauan paparan radiasi gamma di RSG-GAS dibagi menjadi dua bagian yaitu: Pemantauan paparan radiasi gamma menggunakan sistem yang terpasang permanen di dalam gedung reaktor dan pemantauan paparan radiasi gamma menggunakan peralatan jinjing (*portable*). Pelaksanaan pemantauan paparan radiasi gamma dilakukan pada daerah di seluruh ruangan-ruangan di dalam gedung reaktor.

DISKRIPSI RUANGAN-RUANGAN BERPOTENSI TERDAPAT PAPANAN RADIASI GAMMA

Ruangan-ruangan dalam gedung reaktor yang berpotensi terdapat paparan radiasi gamma ditunjukkan pada Gambar 1. Permukaan kolam reaktor terdapat di ruang Balai Operasi level + 13.00 m sedangkan sistem-sistem pendukung lainnya terletak dan terdistribusi di ruangan-ruangan dalam gedung reaktor pada ruang bantu level - 6.50 m, Balai Percobaan level 0.00 m, ruang sistem iradiasi rabit level + 08.00 m. Setiap ruangan mempunyai potensi paparan radiasi gamma yang berbeda sesuai dengan fungsi dan sistem pendukung reaktor berada. Tidak semua ruangan yang berpotensi mempunyai paparan radiasi gamma terdapat sistem pemantau paparan radiasi gamma terpasang permanen karena pada dasarnya sistem pemantau yang terpasang permanen hanya berfungsi sebagai peralatan peringatan dini (*early warning sistem*).



Gambar 1. Ruang-ruangan dalam gedung reaktor

Pelaksanaan pemantauan paparan radiasi gamma pada ruangan yang tidak ada sistem pemantau paparan radiasi yang terpasang permanen dilakukan dengan menggunakan surveimeter jinjing (*portable*). Paparan radiasi gamma pada ruangan-ruangan di dalam gedung reaktor harus selalu terpantau untuk memastikan bahwa pekerja radiasi terlindung dari paparan lebih selama operasi normal. Dalam makalah ini disajikan tingkat paparan radiasi gamma pada ruang-ruang dalam gedung reaktor pada

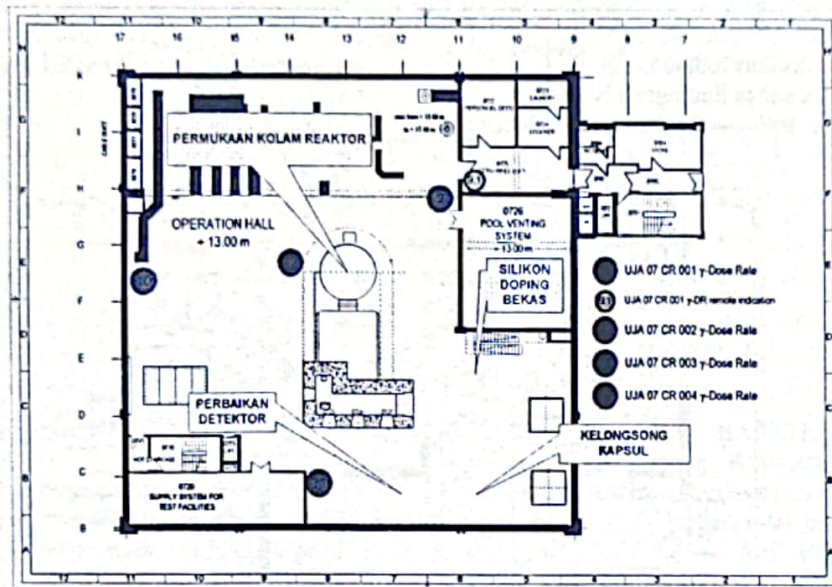
kondisi reaktor beroperasi 15 MW dengan ragam pemanfaatan reaktor untuk berbagai keperluan. Jika diketahui besarnya tingkat paparan radiasi gamma pada ruang-ruang di dalam gedung reaktor maka pekerja radiasi dapat memperkirakan waktu yang harus dipergunakan dalam melakukan kegiatan dalam ruang tersebut. Dengan mengetahui pola tingkat paparan radiasi gamma pada ruangan-ruangan dimana sistem komponen utama reaktor terinstalasi, maka dapat bermanfaat untuk menilai

apakah jalannya kegiatan dan pemanfaatan pengoperasian reaktor pada kondisi normal atau tidak.

LANTAI + 13.00 m (BALAI OPERASI REAKTOR)

Balai operasi merupakan ruang yang paling utama pada gedung reaktor dimana pada ruang ini

terdapat kolam reaktor tempat teras reaktor berada. Kegiatan yang dilakukan pada ruang ini cukup banyak mulai dari pembongkaran dan pemuatan bahan bakar, pembongkaran dan pemfaatan material paska irradiasi, perawatan dan perbaikan detektor-detektor neutron dan lain-lain. Dari kegiatan-kegiatan tersebut terdapat material-material hasil irradiasi, maupun peralatan pendukung yang menjadi radioaktif.



Gambar 2. Gedung Lantai + 13.00 m RSG-GAS

Paparan radiasi dari operasi reaktor:

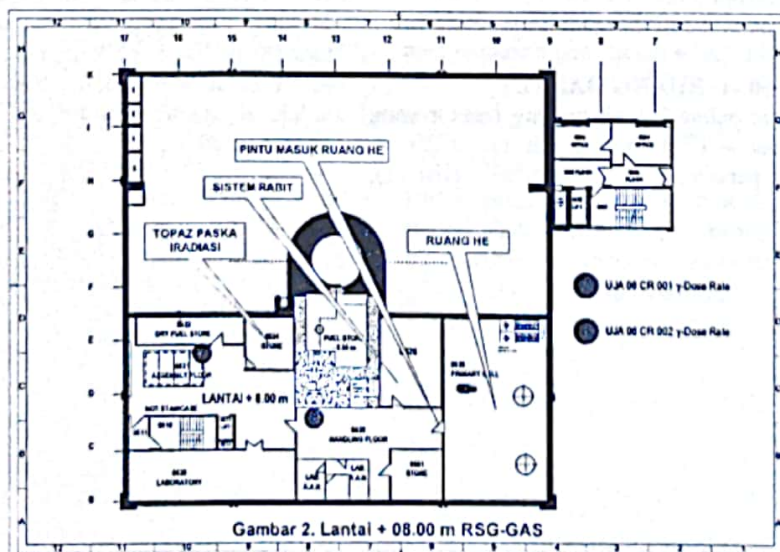
- Permukaan Kolam Reaktor dan Penyimpanan Bahan Bakar Bekas

Paparan radiasi dari material paska irradiasi:

- Detektor Neutron
- Kelongsong Target
- Peralatan Silikon doping

LANTAI + 08.00 m (SISTEM RABIT)

Sistem Rabbit adalah sistem yang dipergunakan untuk eksperimen irradiasi sample dengan waktu irradiasi yang relatif pendek. Pada sistem ini terdapat ruang bilik panas (*Hot Cell*) yang dipergunakan untuk penanganan material-material paska irradiasi.



Gambar 2. Lantai + 08.00 m RSG-GAS

Gambar 3. Gedung Lantai + 08.00 m RSG-GAS

Paparan radiasi dari operasi reaktor:

- Ruang Sistem Rabit
- Pintu masuk ruang penukar panas (HE)
- Ruang pesawat penukar panas (HE)

Paparan radiasi dari material paska iradiasi:

- Ruang penyimpanan topaz paska iradiasi

LANTAI + 0.00 m (BALAI EKSPERIMEN)

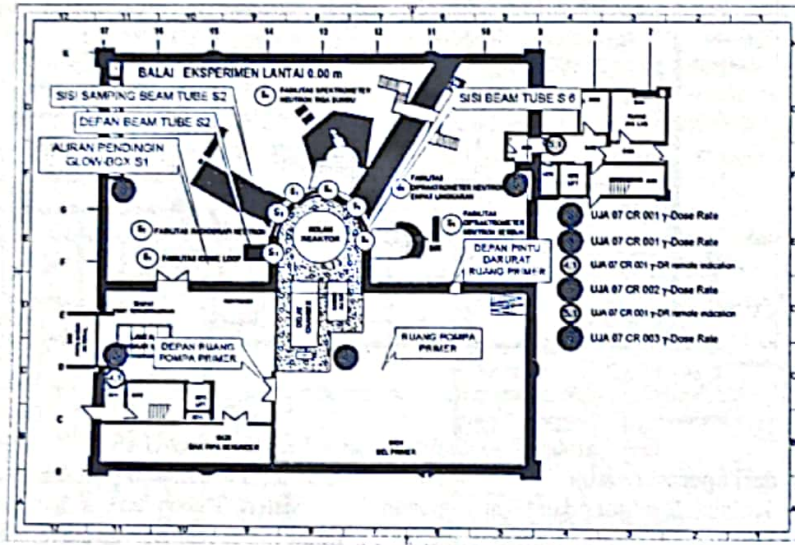
Di Balai Eksperimen terdapat lima fasilitas eksperimen (*beam tube*) yang memanfaatkan fluks neutron dari teras reaktor yaitu :

- S1 untuk fasilitas Iodine Loop
- S2 untuk fasilitas Radiografi Neutron
- S4 untuk fasilitas Spektrometer Neutron Tiga Sumbu

- S5 untuk fasilitas Difraktrometer Neutron 4 lingkaran
- S6 untuk fasilitas Difraktrometer Neutron Serbuk

Fasilitas-fasilitas tersebut selain memancarkan paparan radiasi netron juga memancarkan paparan radiasi gamma pada saat reaktor beroperasi dan sistem tersebut beroperasi (*shutter*) dibuka.

Ruang pompa primer merupakan tempat diletakkannya 3 buah pompa sirkulasi air pendingin primer yang melewati teras reaktor dimana reaksi fisi berlangsung, sehingga air yang tersirkulasi memancarkan paparan radiasi gamma yang cukup tinggi.



Gambar 4. Gedung Lantai + 0.00 m RSG-GAS

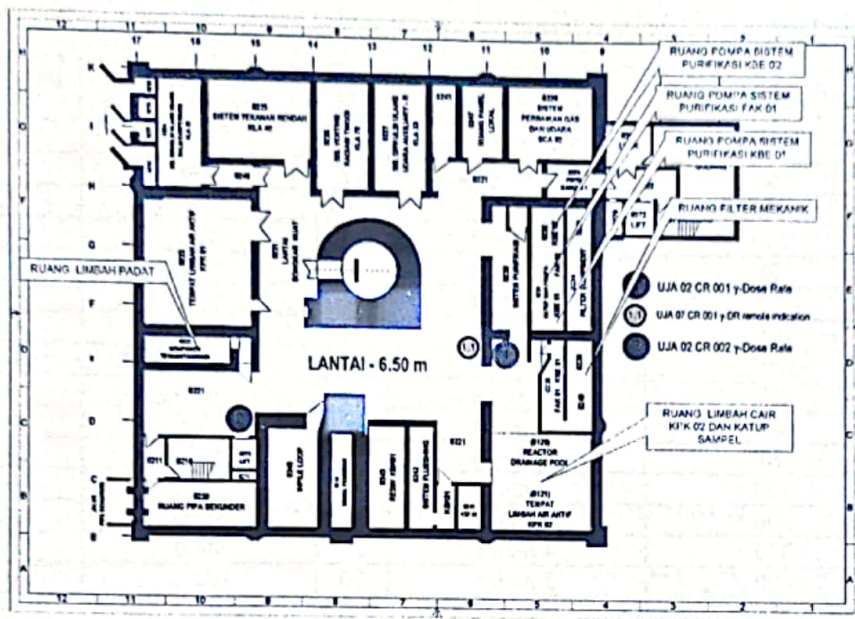
Paparan radiasi dari operasi reaktor:

- Depan pintu masuk ruang pompa primer
- Ruang pompa primer
- Fasilitas beam tube S1 sampai dengan S6

LANTAI - 6.50 m (RUANG BANTU)

Pada tingkat paling bawah gedung reaktor yang berada di level - 6.50 m terdapat ruang sistem pemurnian air pendingin primer (berkode KBE01),

ruang sistem pemurnian lapisan air hangat (berkode KBE02), ruang pemurnian air pendingin kolam penyimpanan bahan bakar bekas (yang berkode FAK01). Sistem pemurnian air pendingin primer tersebut berfungsi untuk menghilangkan hasil aktivasi dan kotoran mekanik dari air kolam reaktor dan untuk menjaga kualitas air pada tingkat yang dispesifikasikan.



Gambar 5. Gedung Lantai – 6.50 m RSG-GAS

Selain ruang tersebut di atas di tingkat – 6.50 m paparan radiasi dari operasi reaktor:

- Ruang filter mekanik sistem pemurnian air
 - Ruang limbah cair KPK 02
 - Ruang tempat pengambilan sampel air pendingin
- Paparan radiasi dari material limbah radioaktif padat:
- Ruang penyimpanan sementara limbah padat

PEMBATASAN DOSIS

Untuk menjamin keselamatan dalam pemanfaatan sumber radiasi maka pemerintah menetapkan Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif yang memuat keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir, intervensi, kewanaman sumber radioaktif, inspeksi, dan sanksi administratif, dan Surat

Keputusan Kepala BAPETEN No.01/Ka-BAPETEN-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja dengan Radiasi. Berdasarkan Surat Keputusan Kepala BAPETEN tersebut nilai batas dosis untuk pekerja radiasi. Dosis efektif untuk penyinaran seluruh tubuh sebesar 20 mSv per tahun rata-rata selama 5 tahun berturut-turut, dan maksimal sebesar 50 mSv (5000 mrem) dalam 1 (satu) tahun tertentu.

Selama satu tahun pekerja radiasi dianggap bekerja dalam waktu 2000 jam atau 8 jam dalam sehari sehingga jika dihitung dalam waktu satu jam pekerja radiasi dibatasi hanya boleh menerima 0,025 mSv/jam (2,5 mrem/jam) atau 0,2 mSv/hari (20 mrem/hari). Dengan batas tersebut maka jika pekerja radiasi mengetahui paparan radiasi pada daerah kerja maka dapat diperhitungkan lamanya waktu bekerja menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Waktu = \frac{Nilai\ Batas\ Dosis\ (mrem / jam)}{Paparasi\ Terukur\ (mrem / jam)} \times 1\ hari\ (8\ jam)$$

Dengan persamaan diatas maka dapat dilakukan perhitungan untuk memperhitungkan waktu lamanya bekerja dan memperhitungkan waktu pekerjaan harus diselesaikan dengan berapa orang.

Untuk membantu dan memudahkan para pekerja radiasi biasanya petugas proteksi radiasi telah menyediakan (menempel) tabel di ruangan-ruangan yang mempunyai paparan tinggi.

Tabel 1 berikut merupakan tabel waktu lamanya bekerja berikut besarnya tingkat paparan radiasi gamma.

No	Paparan Radiasi (mR/jam)	Batas Waktu Sehari	No	Paparan Radiasi (mR/jam)	Batas Waktu Sehari (menit)
1	2,5	480 menit (8 jam)	16	500	2.40 menit
2	5	240 menit (4 jam)	17	600	2.00 menit
3	10	120 menit (2 jam)	18	700	1.71 menit
4	20	60.00 menit (1 jam)	19	800	1.50 menit
5	30	40 menit	20	900	1.33 menit
6	40	30 menit	21	1000	1.20 menit
7	50	24 menit	22	2000	0.60 menit
8	60	20 menit	23	3000	0.40 menit
9	70	18 menit	24	4000	0.30 menit
10	80	15 menit	25	5000	0.24 menit
11	90	13 menit	26	6000	0.20 menit
12	100	12 menit	27	7000	0.17 menit
13	200	6 menit	28	8000	0.15 menit
14	300	4 menit	29	9000	0.13 menit
15	400	3 menit	30	10000	0.12 menit

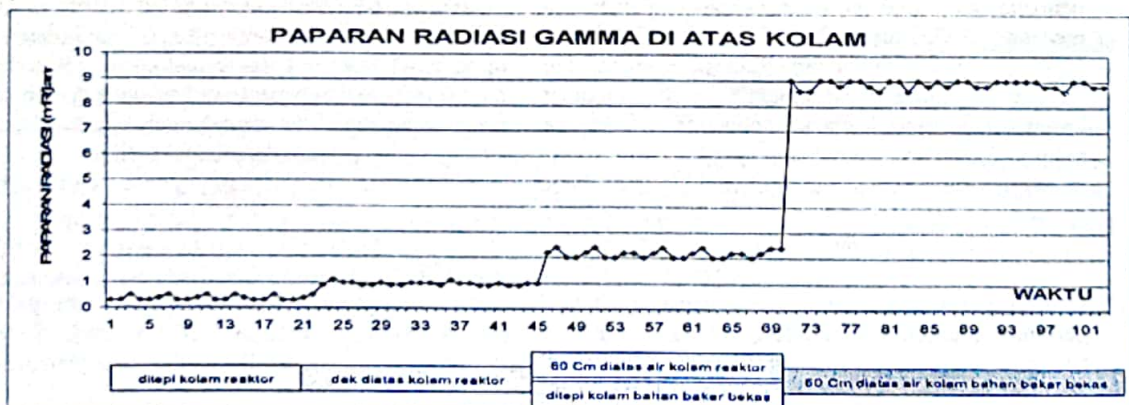
TATA KERJA

1. Pengukuran tingkat paparan radiasi gamma dilakukan dengan melakukan mapping radiasi pada ruangan (daerah) dalam gedung reaktor
2. Mengumpulkan data-data pengukuran yang tercatat dalam dokumen pencatatan indikator proteksi radiasi.
3. Melakukan pengelompokkan data pada kondisi reaktor beroperasi 15 MW dari beberapa siklus teras.
4. Membuat grafik untuk melihat pola tingkat paparan radiasi di ruangan-ruangan dalam

gedung reaktor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

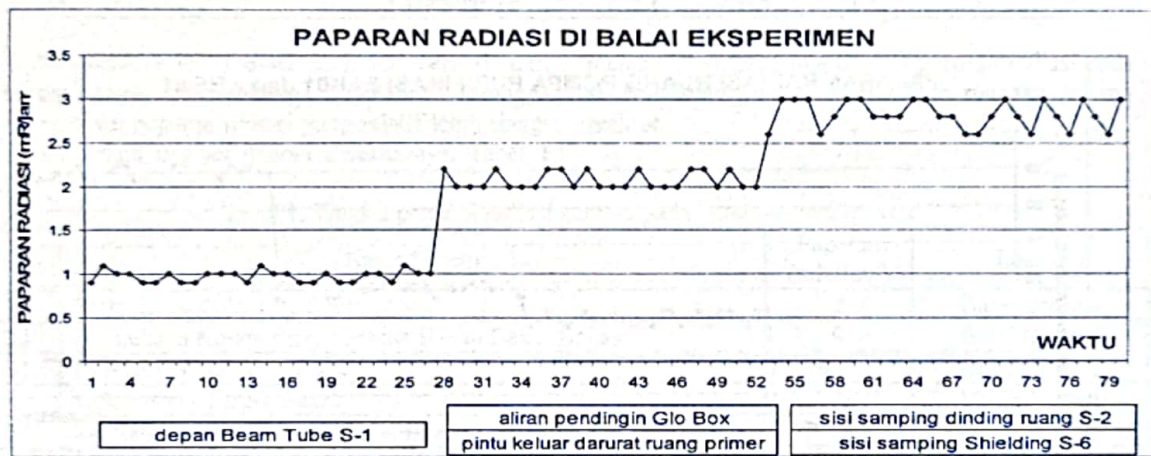
Dari data-data pengukuran hasil pengukuran yang tercatat dalam dokumen diperoleh data besarnya tingkat paparan radiasi gamma di dalam gedung reaktor bervariasi sesuai dengan tempat (lokasi) sistem pendukung reaktor berada. Besarnya tingkat paparan radiasi gamma di dalam gedung reaktor ditunjukkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 12



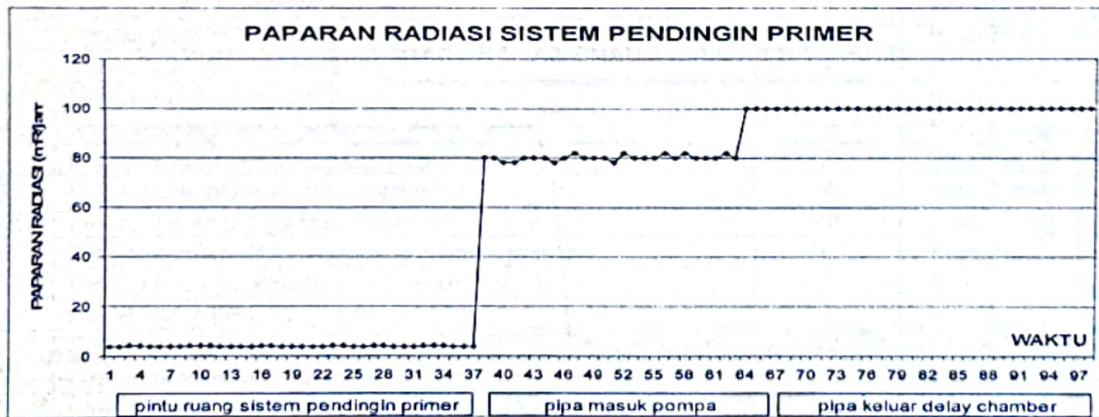
Gambar 6. Grafik tingkat paparan radiasi gamma permukaan kolam reaktor



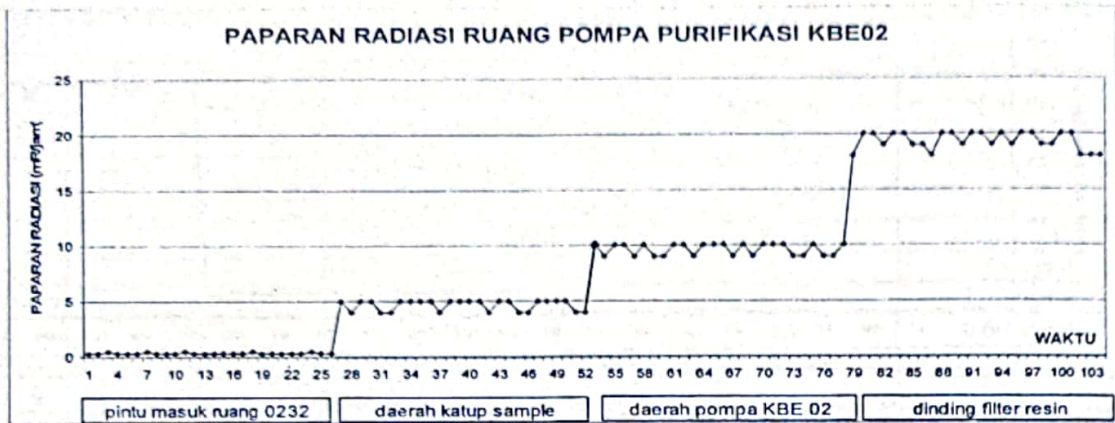
Gambar 7. Grafik tingkat paparan radiasi gamma di lantai + 08.00 m



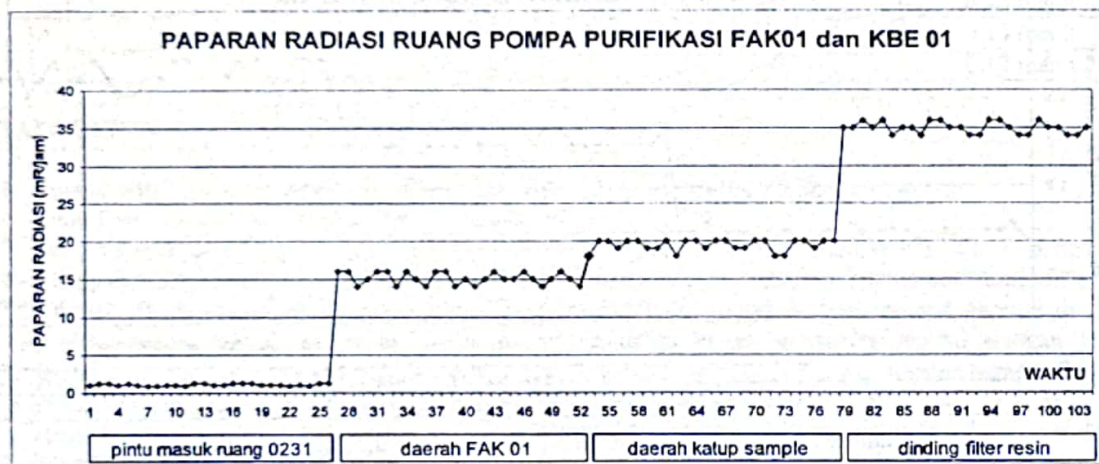
Gambar 8. Grafik tingkat paparan radiasi gamma di Balai Eksperimen



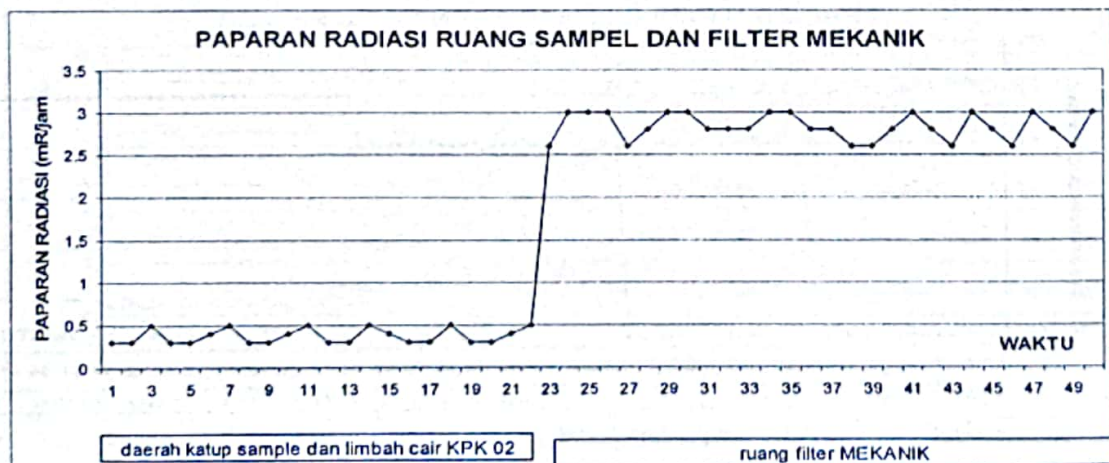
Gambar 9. Grafik tingkat paparan radiasi gamma di ruang pompa pendingin primer



Gambar 10. Grafik tingkat paparan radiasi gamma di ruang pompa purifikasi KBE 02



Gambar 11. Grafik tingkat paparan radiasi gamma di ruang purifikasi FAK01 dan KBE01



Gambar 12. Grafik tingkat paparan radiasi gamma di ruang filter mekanik dan limbah cair KPK 02

Dari Gambar 6 sampai dengan Gambar 12 dapat ditunjukkan besarnya tingkat paparan radiasi gamma di ruangan-ruangan (daerah-daerah) di dalam gedung reaktor yang berasal dari beroperasi reaktor 15 MW dan yang berasal dari material paska iradiasi mulai lantai +13.00 m sampai lantai - 6.50 m. Hal

ini menunjukkan bahwa paparan radiasi yang ada ruangan-ruangan tersebut merupakan sumber radiasi yang ada di RSG-GAS.

Paparan radiasi di Balai Operasi ditunjukkan oleh Gambar 6.

Paparan radiasi di Sistem Rabit ditunjukkan oleh

Gambar 7.

Paparan radiasi di Balai Percobaan ditunjukkan oleh Gambar 8.

Paparan radiasi di Ruang bantu ditunjukkan oleh

Gambar 9.

Tingkat paparan radiasi tertinggi dan terendah di dalam gedung reaktor yang berasal dari operasi reaktor 15 MW ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Tingkat paparan radiasi gamma tertinggi dan terendah dalam gedung reaktor operasi 15 MW

Lantai	Grafik	Terendah (mR/h)	Tertinggi (mR/h)
Balai Operasi	Gambar 6	0,3	9,0
Ruang Sistem Rabit	Gambar 7	0,5	40,0
Balai Percobaan	Gambar 8	1,0	3,0
	Gambar 9	4,0	100
Ruang bantu	Gambar 10	0,5	20,0
	Gambar 11	1,0	35,0
	Gambar 12	0,5	3,0

Sumber-sumber radiasi tersebut berasal dari sistem-sistem pendukung reaktor sehingga mempunyai paparan radiasi yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Tabel 1

menerangkan besarnya tingkat paparan radiasi pada sistem-sistem yang ada di dalam ruangan gedung reaktor.

Tabel 1. Tingkat paparan radiasi gamma pada sistem-sistem reaktor

No	Nama Sistem	Paparan (mR/Jam)	Lokasi
1.	Permukaan Kolam Reaktor	2	Balai Operasi
2.	Permukaan Kolam Penyimpanan Bahan Bakar Bekas	9	Balai Operasi
3.	Detektor Neutron Bekas	400	Balai Operasi
4.	Kelongsong Target Bekas	80	Balai Operasi
5.	Peralatan Silikon Doping paska iradiasi	60	Balai Operasi
6.	Depan <i>Hot Cell</i> Sistem Rabit	0,3	Lantai + 08.00 m
7.	Ruang pengambilan sampel sistem rabit	0,5	Lantai + 08.00 m
8.	Depan pintu (<i>Heat Exchanger</i>) lantai + 08.00 m	4	Lantai + 08.00 m
9.	Tabung (<i>Heat Exchanger</i>)	40	Lantai + 08.00 m
10.	Depan pintu Beam tube S1	1	Balai Eksperimen
11.	Aliran Pendingin Gloww BOX S1	2	Balai Eksperimen
12.	Sisi samping Beam tube S2	2	Balai Eksperimen
13.	Depan pintu Beam tube S6	3	Balai Eksperimen
14.	Depan pintu darurat ruang pompa primer	2	Balai Eksperimen
15.	Depan pintu masuk ruang pompa primer	4	Ruang Pompa Primer
16.	Pipa masuk ke pompa pendingin rimer	80	Ruang Pompa Primer
17.	Pipa jalur keluar delay chamber pendingin primer	100	Ruang Pompa Primer
18.	Depan pintu masuk ruang pompa purifikasi KBE 02	1	Lantai - 06.50 m
19.	Daerah katup pengambilan sampel	5	Lantai - 06.50 m
20.	Daerah pompa KBE 02	10	Lantai - 06.50 m
21.	Depan dinding filter resin	20	Lantai - 06.50 m
22.	Depan pintu masuk ruang pompa purifikasi FAK 01 dan KBE 01	2	Lantai - 06.50 m
23.	Daerah katup pengambilan sampel KBE 01	5	Lantai - 06.50 m
24.	Daerah pompa FAK 01 dan KBE 01	10	Lantai - 06.50 m
25.	Depan dinding filter resin FAK 01 dan KBE 01	20	Lantai - 06.50 m

Dengan diketahuinya besar tingkat paparan radiasi gamma, maka pekerja radiasi dapat memperkirakan (menentukan) waktu bekerja melakukan kegiatan pada daerah tersebut.

KESIMPULAN

Dari uraian diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pada saat reaktor beroperasi 15 MW ruangan

tempat sistem pendukung operasi reaktor mempunyai paparan radiasi gamma relatif lebih tinggi dibanding daerah sekitarnya.

2. Tingkat paparan radiasi pada kondisi operasi normal mempunyai pola tertentu seiring dengan besarnya daya operasi reaktor, pola tingkat paparan radiasi gamma dapat bermanfaat untuk menilai apakah jalannya operasi pada kondisi normal atau tidak.
3. Dengan diketahuinya besarnya tingkat paparan radiasi pekerja dapat memperkirakan waktu lamanya bekerja melaksanakan kegiatannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIMOUS, Dokumen Pencatatan Indikator Sistem Proteksi Radiasi RSG-GAS
2. ANONIMOUS, INTERATOM GMBH, Component Specification Radiation Protection Sistem
3. ANONIMOUS, RADIATION PROTECTION AND ACTIVITY MEASUREMENT Volume 3
4. ANONIMOUS, Maintenance And Repair Manual Volume 1