

PERANAN SISTEM PROTEKSI RADIASI TERHADAP KINERJA KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS

Jaja Sukmana, S.ST., Jonnie A. Korua, S. Suwarto

ABSTRAK

PERANAN SISTEM PROTEKSI RADIASI TERHADAP KINERJA KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS. Peralatan proteksi radiasi terpasang di RSG-GAS saat ini sebagian dalam kondisi tidak berfungsi optimal, sehingga pemantauan secara manual menggunakan peralatan portabel menjadi lebih diperlukan. Peralatan pemantau baru yang sedang diuji-fungsi adalah iCAM dan PGM102. Peralatan tersebut berfungsi untuk memantau laju aktivitas udara dalam gedung reaktor. Paparan radiasi di dalam gedung dan yang akan dilepaskan senantiasa terpantau dan terkendali dengan peralatan yang masih berfungsi dan dengan bantuan sistem ventilasi. Dengan peralatan untuk pemantauan terhadap radiasi dan sirkulasi udara atau sistem ventilasi, radiasi dalam gedung tetap terkungkung sehingga keselamatan personil maupun lingkungan tetap terjaga.

Kata Kunci: Proteksi radiasi, Keselamatan.

ABSTRACT

THE ROLE OF RADIATION PROTECTION SYSTEM TO THE PERFORMANCE OF SAFETY OPERATION OF RSG-GAS. At the moment of existing radiation protection equipments the at RSG-GAS are not optimally in function so that the use of portable equipments become more important.. The new equipments iCAM and PGM102 are now under commissioning. These equipments are used for monitoring an air activities in the reactor building. Radioactivity in the building and radiation released are continually monitored by the other existing equipments and controlled by ventilation system. With the equipments monitoring radiation and ventilation system for circulation of air, the radiation in the building remained to be isolated. Therefore the people and environment are in safe conditions

Keywords: Radiation protection, safety.

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna-G.A. Siwabessy dapat dikatakan sebagai sumber radiasi akibat terjadinya reaksi fisi di teras reaktor dan dari aktivasi-aktivasi bahan yang masuk daerah sumber radiasi tersebut. Radiasi hasil reaksi fisi umumnya adalah radiasi gamma dan neutron. Sedangkan radiasi dari proses aktivasi neutron terhadap berbagai bahan yang diiradiasi dapat berupa radiasi gamma, radiasi alpha dan beta yang terbawa bersama aerosol-aerosol radioaktif, atau radiasi yang terukur sebagai laju aktivitas radiasi bersama gas mulia dan limbah cair.

Keselamatan radiasi di RSG-GAS diadakan untuk melindungi personil, sistem daerah kerja, dan pencegahan pelepasan radiasi ke lingkungan. Pemantauan selama operasi maupun tidak operasi dilakukan terutama dengan pemasangan alat pantau radiasi di berbagai tempat di gedung reaktor hingga di cerobong reaktor. Dengan peralatan radiasi terpasang diharapkan informasi besaran radiasi, peringatan batas paparan radiasi, dan otomatisasi pengendaliannya dapat menjamin keselamatan radiasi di RSG-GAS, sehingga dalam keadaan darurat aktivitas radiasi tetap terkungkung di dalam gedung reaktor. Setelah RSG-GAS beroperasi 20 tahun diharapkan kinerja peralatan pantau radiasi terpasang masih dapat berfungsi optimal untuk keselamatan dalam menunjang operasi reaktor yang berdaya guna.

Ada tiga tujuan dari penyajian makalah ini, yaitu pertama sebagai *data base* atau dokumentasi dari peralatan proteksi radiasi terpasang dengan gambar/foto-foto terkini, kedua sebagai bahan pengenalan kepada calon petugas proteksi radiasi (PPR) atau kepada personil PRSG melalui pelatihan atau sebagai bahan pustaka, ketiga menganalisis kinerja dan peranannya setelah 20 tahun memantau paparan atau aktivitas radiasi akibat operasi reaktor.

TEORI

Sistem Pemantauan Radiasi di RSG-GAS

Pemantauan radiasi pada suatu instalasi nuklir atau reaktor nuklir dapat dibagi dalam kategori-kategori berikut ini, yaitu pemantauan area, pemantauan sistem, pemantauan personil, dan pemantauan lepasan³⁾.

Pemantauan area, ditujukan untuk memantau udara ruangan dan laju dosis lokal yang dilakukan menggunakan peralatan pengukuran terpasang tetap dan peralatan yang dapat dipindahkan sehingga personil/operator terhindar dari radiasi pengion dan zat radioaktif yang terbawa udara di sekitar area radiasi.

Pemantauan sistem, ditujukan untuk mengendalikan dan membatasi kuantitas zat radioaktif pada bagian-bagian reaktor yang seharusnya tidak mengandung aktivitas (sistem sekunder) untuk memenuhi persyaratan operasi dan memantau efisiensi sistem pemurnian primer.

Pemantauan personil, ditujukan untuk menentukan dosis perorangan dan untuk mengendalikan inhalasi ke dalam tubuh dan kontaminasi.

Pemantauan lepasan, ditujukan dalam memantau dan memastikan bahwa zat-zat yang dibuang dari gedung reaktor tidak melampaui nilai batas yang diijinkan bagi penduduk.

Dari keempat kategori pemantauan radiasi tersebut, sebagian terpasang secara tetap dan sebagian lagi sebagai peralatan portable dan siap pakai. Peralatan pemantau radiasi terpasang di RSG-GAS dapat dikelompokkan berdasar kepada jenis radiasi dan aktivitas radiasi yang dipantaunya dan berdasar penamaan/pengkodean sistemnya. Jika peralatan pemantau radiasi terpasang di RSG-GAS ini dikelompokkan berdasar kepada jenis radiasi/aktivitas terpantau, maka terbagi sebagai berikut:

- Peralatan yang memantau laju dosis dengan satuan mR/jam: UJA02, UJA04, UJA06, UJA07, dan UJA09. Seluruhnya

berjumlah 13 unit yang terpasang menetap.

- Peralatan yang memantau laju aktivitas dengan satuan Ci/m³: KLK01, KLK02, KLK03, KLK04, KLK05, KLK06, untuk aktivitas udara dan KBE01 CR, KBE02 CR, FAK01 CR, PA01 CR, PA02 CR, KPK01 CR untuk aktivitas di air. Seluruhnya berjumlah 22 unit yang terpasang menetap.

Skema penempatan pemantau radiasi terpasang di RSG-GAS ditunjukkan pada Gambar 1³⁾.

Peraturan Dosis Radiasi dan Pembagian Daerah Radiasi

Dosis radiasi yang diijinkan untuk orang yang bekerja di reaktor nuklir ditentukan merunut pada ICRP (*International Commission Radiation Protection*). Menurut peraturan dosis 5,0E-02 Sv/tahun (5 rem/tahun) harus tidak dilampaui. Atau dengan menurunkan waktu dalam satuan per jam maka paparan yang diijinkan untuk pekerja radiasi adalah 2,5 mrem/jam. Sedangkan daerah radiasi di RSG-GAS dikategorikan dalam daerah radiasi dan daerah terkontaminasi yang ditunjukkan sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian daerah radiasi dan kontaminasi di instalasi reaktor

	Kat. Ruang	Laju dosis lokal/ aktivitas	Aksesibilitas
Daerah Radiasi	Rendah (L)	$0,25 \leq D < 0,75$ mrem/jam	Terus menerus
	Sedang (M)	$0,75 \leq D < 2,5$ mrem/jam	(40 jam/minggu)
	Tinggi (H)	$D \geq 2,5$ mrem/jam	Waktu terbatas, ijin oleh PPR
Daerah Kontaminasi	Rendah (L)	Batas rendah dari nilai deteksi pengukuran proteksi radiasi berlaku di daerah ini.	
	Sedang (M)	Nilai batas: pemancar α : $10^{-5} \leq C \leq 10^{-4}$ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$. pemancar β : $10^{-4} \leq C \leq 10^{-3}$ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$. Kontaminasi udara : $C \leq 0,1$ MPC.	
	Tinggi (H)	Nilai batas pemancar α : $C \leq 10^{-4}$ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$. pemancar β : $C \leq 10^{-3}$ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$. Kontaminasi udara : $C > 1,0$ MPC.	

Pengendalian Aktivitas Radiasi pada Aliran Udara

Program pemantauan effluen dan emisi di sekitar reaktor dilakukan dengan pengukuran menggunakan peralatan yang dipasang di dalam reaktor (sistem KLK dan KPK). Emisi yang dipantau mencakup airborne, aerosol, dan gas mulia. Sedangkan effluen yang dipantau mencakup limbah cair aktivitas rendah dan limbah cair aktivitas tinggi, untuk yang diluar tapak dilakukan oleh PTLR²⁾.

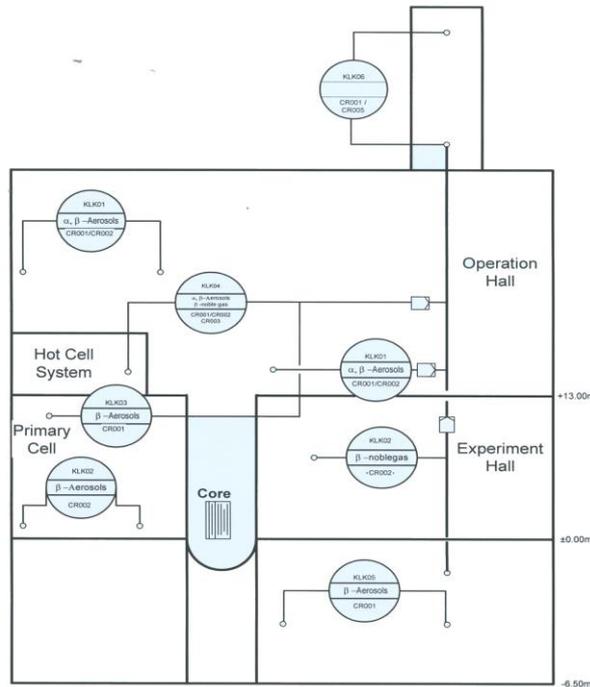
Sistem proteksi radiasi terpasang di RSG-GAS terintegrasi dengan sistem reaktor (diantaranya sistem ventilasi) yang berfungsi untuk melindungi personil di RSG-GAS dari paparan radiasi dan kontaminasi yang berlebihan yang tidak direncanakan dan melebihi batas yang diijinkan.

Dalam operasi normal pelepasan zat-zat radioaktif ke udara ruangan terjadi di dalam Balai reaktor akibat terbukanya permukaan kolam dan di Balai eksperimen. Sedangkan *Hot cell* dan ruang-ruang operasi dapat terpengaruh hanya karena kegagalan peralatan. Penghampaan gedung dibedakan

dengan cara sedemikian hingga kehampaan tertinggi adalah di dalam ruangan-ruangan ini dan tidak terdapat kemungkinan penyebaran kontaminasi. Beda tekanan dipertahankan secara otomatis oleh regulator, yaitu jika pasokan udara berubah, udara buangan diatur.

Jalur aliran yang digunakan terus dari satu zona tekanan ke zona yang lain dilengkapi

dengan pintu (katup) yang menjamin beda tekanan selama beroperasi. Tingkat aktivitas pada beberapa titik di dalam gedung dan di cerobong udara buangan diukur oleh satu sistem pemantau aktivitas melalui filter-filter aerosol dan membunyikan alarm jika nilai batas yang ditentukan terlampaui. Diagram alir pengukuran aktivitas udara di gedung reaktor diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran Aktivitas Udara di RSG-GAS

TATA CARA

Langkah kegiatan untuk penyelesaian makalah ini, dilaksanakan sebagai berikut:

- memperdalam materi proteksi radiasi dan peralatan pemantau radiasi terpasang di RSG-GAS, melalui *Coaching*: "Perawatan Peralatan Pengendalian Daerah Kerja dalam Pengelolaan RSG-GAS" Subbidang Pengendalian Daerah Kerja Bidang Keselamatan PRSG.

- melakukan diskusi dan evaluasi terhadap kondisi peralatan radiasi yang terpasang bersama personil SBPDK-BK.
- mengambil data dari hasil penelitian dan pengembangan sejenis yang pernah ada.
- mengambil foto-foto terkini dan data keterangannya.
- Menganalisis kinerja, fungsi dan peran dari peralatan proteksi yang ada.
- memberikan kesimpulan dari tinjauannya dengan berdasar pada kondisi awalnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Sistem pemantau laju dosis gamma, UJA

Sistem UJA adalah pengukur laju dosis radiasi gamma setempat yang bertugas menampilkan besarnya medan radiasi dan memicu alarm untuk melindungi personil dari peningkatan paparan radiasi di sekitar daerah pemantauannya. UJA02, UJA04, UJA06, UJA07, dan UJA09 dalam kondisi dapat beroperasi mengukur paparan gamma setempat, kecuali UJA02 CR002 yang sedang

mengalami perbaikan. Batas kemampuan pengukuran dari UJA diseting ≥ 10 mR/jam kecuali UJA04 CR002 di ruang pompa primer ≥ 50 mR/jam, UJA07 diseting ≥ 125 mR/jam yang ditempatkan di Lantai 13,00 m. Jenis detektor pada sistem UJA adalah γ -*Ionization chamber*.

Pengembangan terhadap peralatan terpasang (terutama UJA) telah dilakukan dengan menambahkan alat komunikasi dekat alat pantau terpasang untuk memudahkan kalibrasi¹⁾.



Gambar 3. UJA02 CR001, lokasi L -6,50 m

Sistem pemantau tingkat radioaktivitas udara & lepasan, KLK

KLK01 CR001/002 dan KLK04 CR002/003 adalah pengukur aktivitas α - β aerosol melalui filter tetap dengan dua detektor *3-fold flow counter* untuk α dan β . Tampilannya menggunakan layar monitor (video). Kedua alat pemantau ini tidak dalam kondisi operasi. Peralatan pemantau sejenis yang sedang diuji-cobakan adalah iCAM di Lantai +13,00 m.

KLK02-03-05 CR001 adalah pengukur aktivitas β aerosol melalui filter tetap dengan detektor *plastic scintillation*, dan ditambah

dengan berbagai tampilan seperti video. Ketiga alat pemantau ini dalam kondisi tidak optimal.

KLK01 CR003, KLK02 CR002, KLK04 CR001 adalah pengukur aktivitas β gas mulia melalui filter aerosol kagori S menggunakan detektor *plastic scintillation*. Ketiga alat ini masih dapat berfungsi. Sedangkan KLK06 CR001-CR005 adalah pengukur aktivitas lepasan zat radioaktif hasil belah bahan bakar (gas mulia, aerosol, dan iodium) di cerobong udara buangan pada operasi normal, darurat atau pencuplik untuk laboratorium. Detektor yang digunakannya adalah jenis plastic

sintilation atau β -Ionization chamber. Jika aktivitas terdeteksi lebih dari $5e-4 \text{ Ci/m}^3$ akan terjadi pengungkungan gedung hingga udara lepasan kembali dalam kondisi normal. Sistem yang sedang mengalami gradasi operasi adalah KLK06 CR003 (monitor aerosol radioaktif).

Rentang pengukuran dari titik-titik pengukuran β gas mulia untuk operasi normal (KLK06 CR001) dan untuk kecelakaan aktivitas (KLK06 CR002) menurut evaluasi sebagian saling tumpang tindih (*overlap*), sehingga perlu dilakukannya optimalisasi dan efektivitas pengoperasiannya. Datektor yang digunakan adalah plastic sintilation atau β -IC.

Pemantau sejenis yang sedang diuji fungsi adalah PGM102.



Gambar 4. KLK01 CR001/CR002, lokasi L +13,00 m



Gambar 5. KLK06 CR002, lokasi L +27,10 m

Sistem pengukuran aktivitas air

Sistem pengukur aktivitas air pendingin primer, sekunder, dan limbah adalah KBE02 CR001, FAK01 CR001, dan KPK01 CR001 yang ditempatkan di Lantai -6,5 m, sedangkan PA-01/02 CR001 ditempatkan di Lantai 0,00 m. KBE01 CR001 dan KBE02 CR002 memantau jaringan pipa pendingin primer

sebelum dan setelah lewat resin. Seting pengukuran tertinggi diterapkan pada KBE01 CR001, yaitu $1e-1 \text{ Ci/m}^3$, sedangkan yang lainnya antara $5e-5$ s/d $1e-2 \text{ Ci/m}^3$. Ketujuh sistem pengukur berfungsi baik dalam memantau aktivitas gamma di air pendingin dan limbah cair.



Gambar 6. FAK01 CR001, lokasi L -6,50 m

Pemantau Keselamatan lain (pemantau aktivitas radiasi)

KLA60 merupakan alat pemantau paparan radiasi di atas kolam reaktor. Bila terindikasi radiasi di atas $1,25e-3$ Gy/jam maka reaktor diinstruksikan *scram* dan terjadi isolasi area ataupun isolasi gedung. Sedangkan FFD (*Fuel Failure Detector*) merupakan alat pantau aktivitas gamma air yang ditujukan untuk memperkirakan adanya kebocoran

cladding bahan bakar. Kedua alat di atas, tidak dalam pengendalian BK dan diantaranya terkait operasi reaktor *safety related*, seperti *JKT* (*detektor neutron*), *JRE* (*detektor unbalance load*), dan *JAC* (*detektor N-16*).

Peralatan lain yaitu, *LSC* (*Liquid Scintillation Counter*) yang berfungsi untuk menganalisa paparan α - β pada sampel aerosol, udara, dan air dalam kondisi perbaikan.



Gambar 7. Detektor KLA60, lokasi L +13,00 m



Gambar 8. Detektor FFD, lokasi L +8,00m

Panel sistem proteksi radiasi di RKU

Hasil pantauan dan pemberitahuan dari peralatan proteksi radiasi terpasang dikirim ke RKU yang terpampang dipanil CWF01/CWF02 yang merupakan tampilan analog, rekorder, dan alarm peringatan. Selain itu,

data pengukuran laju dosis setempat juga dikirim ke kabinet CXB04-05 di ruang Pengukuran No. 1003 di gedung tangga. Sedangkan sistem elektronik pengukur aktivitas udara terpusatkan di kabinet CXB-01 di Kios Pengatur No. 0825 gedung Tangga.



Gambar 9. Panel CWF01/02, lokasi di Ruang Kendali Utama

Hasil pantauan peralatan keselamatan portabel

Dari pengendalian daerah kerja dengan memantau paparan gamma menggunakan peralatan portabel, pemantauan lepasan zat radioaktif di udara, dan pengukuran tingkat kontaminasi lantai ketika reaktor beroperasi 15 MW, menunjukkan paparan yang lebih dari 2,5 mR/j berada sekitar kolam reaktor (2,8 mR/j), di pintu ruang primer (6 mR/j), dan di pintu ruang HE (6 mR/j). Pada titik-titik tersebut telah diberi tanda khusus¹⁾, yaitu tanda radiasi dan pagar/rantai kuning. Dan keadaannya harus dievaluasi dengan membandingkan terhadap data analisis keselamatan yang tertera di Tabel XII-17, di LAK RSG-GAS Rev.9²⁾. Salah satunya menurut LAK, di Balai operasi termasuk daerah "radiasi sedang" sehingga memungkinkan dinaikkan menjadi kategori daerah radiasi tinggi "H". Dengan menggunakan peralatan portabel hasil pemantauan radiasi unit

terpasang dapat dikalibrasi, atau dicek tingkat kepercayaannya.

PEMBAHASAN

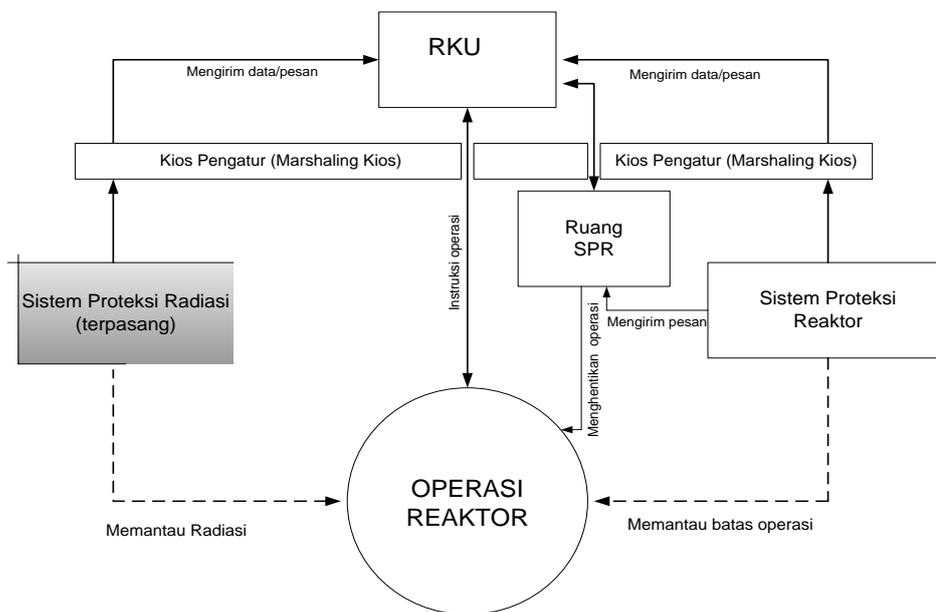
Tempat-tempat pemasangan sistem proteksi dan pemantauan radiasi, konsentrasi radioaktivitas yang letaknya tertentu dan menetap, dalam pelaksanaannya didasarkan pada tempat-tempat yang reguler/tempat bekerja para personil, tempat yang sering adanya perubahan fasilitas reaktor, atau tempat representatif adanya medan radiasi, dst.

Setelah beroperasi selama 20 tahun ini, RSG-GAS dengan peralatan proteksi radiasinya yang ternyata sudah mengalami penurunan kinerjanya hingga 30% (7 alat rusak dari 23 alat) tetap dapat berdaya guna. Aktivitas alpha-beta atau aktivitas beta pada aerosol-aerosol terpantau masih dalam batas normal dan dapat dilakukan pengujian

melalui laboratorium. Dengan 70% sistem proteksi radiasi yang masih berfungsi, terutama gamma setempat dan aktivitas lepasan maka pengendalian radiasi terhadap personil harus lebih diperhatikan terutama sistem pergantian udara supaya terhindar dari kontaminasi inhalasi dan debu-debu/aerosol radioaktif dan dukungan pengendalian dari PPR di lapangan. Begitu pula operasi RSG-GAS tidak terganggu sekalipun ada sistem proteksi radiasi yang bermasalah karena peralatan pemantau ini tidak terkait secara

langsung dengan sistem proteksi reaktor. Sistem proteksi radiasi tidak termasuk dalam peralatan untuk persyaratan beroperasinya RSG-GAS, seperti dapat terlihat pada Gambar 10.

Peralatan yang sudah tidak berfungsi ini sedang dalam perbaikan. Kendala yang dihadapi adalah kelangkaan komponen atau komponen yang sudah tidak diproduksi lagi. Sehingga perbaikan menjadi tidak efektif dan harus mengadakan peralatan baru dengan biaya tinggi.



Gambar 10. Diagram Peranan Sistem Keselamatan Radiasi dan Keselamatan Reaktor RSG-GAS

Dalam batasan dan persyaratan operasi reaktor, disyaratkan bahwa reaktor tidak boleh operasi jika paparan radiasi di atas kolam ≥ 10 mrem/jam. Walaupun paparan/aktivitas radiasi ditahan dengan lapisan air hangat (artinya jarang terjadi paparan melebihi itu), namun pemantau radiasi terpasang untuk antisipasi ini tetap belum tersedia. UJA07 CR004 yang berada sekitar 2 meter di sisi atas kolam tidak dioperasikan

untuk pembatasan paparan. Begitu pula KLA60 yang ditujukan untuk batas operasi (isolasi gedung) ditempatkan pada *duckting* sekitar 3 m sisi kolam dan diset $Dy \geq 125$ mR/h.

Sistem KLK06 CR001 dan CR002 harus mendapat perhatian lebih karena sistem ini menginstruksikan isolasi gedung jika lepasan udara mencapai 5×10^{-4} Ci/m³. Namun demikian tetap sistem ini tidak termasuk

dalam persyaratan operasi sehingga jika terjadi isolasi gedung karena KKK06 operasi reaktor dapat terus berjalan.

KESIMPULAN

Beberapa peralatan pemantau radiasi yang tidak berfungsi, yaitu KKK01 CR001/002, KKK04 CR002/003, KKK02-03-05 CR001, KKK06 CR003, dan UJA02 CR002, serta LSC. Kinerja dan peranannya belum tergantikan dengan peralatan baru namun dilakukan pengendalian dan pengukuran langsung oleh PPR serta ketidakterkaitannya secara langsung dengan SPR tidak menghambat terhadap jalannya operasi RSG-GAS. Dalam operasi reaktor sistem ini tidak menjadi persyaratan dan pembatasan operasi atau tidak dapat menghentikan operasi reaktor secara langsung.

SARAN

Sistem proteksi radiasi terpasang sebenarnya perlu pergantian, pembenahan, atau relokasi agar paparan radiasi dapat dipantau secara "on line" dan seketika untuk menjamin adanya peringatan keselamatan operasi reaktor.

PUSTAKA

1. Y. Sumarno, Evaluasi dan Pengembangan Sistem Pengendalian Daerah Kerja di RSG-GAS, Proseding ISSN 0854-5278, P2TRR, 2004.
2. Batan, LAK REV.9 RSG-GAS tahun 2006.
3. Pudjjanto MS, Ir., Sistem Proteksi Radiasi dan Peralatan yang Terpasang Menetap, Portabel & Perorangan di RSG-GAS, BK-PRSG, Batan, Juni 1991.