

## EVALUASI DATA LAPORAN TERAS SISTEM PROTEKSI RADIASI

Subiharto, ST., Nazly Kurniawan, S.ST  
Pusat Reaktor Serba Guna - BATAN

### ABSTRAK

**EVALUASI DATA LAPORAN TERAS SISTEM PROTEKSI RADIASI.** Telah dilakukan evaluasi data laporan teras sistem proteksi radiasi. Berdasarkan kebijakan Badan Tenaga Nuklir Nasional yang menyatakan bahwa Keselamatan adalah prioritas utama pada kegiatannya sehingga mencapai nihil kecelakaan dengan tujuan untuk melindungi setiap karyawan, fasilitas, masyarakat dan lingkungan dari potensi bahaya. PRSG bertanggungjawab atas keselamatan yang ditimbulkan selama pengoperasian reaktor RSG-GAS, oleh karena itu untuk menjaga keselamatan operasi reaktor dilakukan pemantauan dan pengawasan parameter agar tidak melampaui batas keselamatan operasi, untuk menjaga keselamatan pekerja dilakukan pengendalian radiasi yang meliputi: pekerja radiasi, daerah kerja dan lingkungan. Untuk menjamin bahwa data-data tiap teras sistem proteksi radiasi tidak terlampaui perlu dilakukan evaluasi. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan data yang terukur dengan peraturan BAPETEN dan memperhatikan saran dari Panitia Keselamatan Kawasan. Berdasarkan hasil evaluasi diperoleh bahwa beberapa data dari laporan teras sudah tidak representatif dengan peraturan BAPETEN yang terbaru terutama data untuk nobel gas dikarenakan satuan yang digunakan adalah Gross sehingga tidak bisa diketahui nuklidanya.

**Kata Kunci :** Evaluasi, Keselamatan radiasi

### ABSTRACT

**DATA EVALUATION CORE REPORT OF RADIATION PROTECTION SYSTEM.** *Data evaluation core report of radiation protection system has been conducted. Based on the policy of the National Nuclear Energy Agency stated that Safety is a top priority on its activities so as to achieve zero accidents with the main purpose is protect every employee, facilities, communities and the environment from potential hazards. PRSG takes responsibility for the safety of the reactor generated during the operation of RSG-GAS, therefore, reactor parameter monitoring and supervision so as not to exceed the limits for safe operation, safety of workers treated by radiation protection, such as : radiation workers, work area and environment. To ensure that the data of radiation protection system is not exceeded so the result need evaluated. Evaluation is done by comparing the measured data with BAPETEN regulations and pay attention to the advice of the Safety Zone Committee. Based on the results of the evaluation carried out that some of the data from the report is not representative with BAPETEN latest regulatory especially for the nobel gases mainly due to the unit being used is gross so the nuclide can't be known.*

**Keywords :** Evaluation, Radiation Protection

### PENDAHULUAN

Reaktor serba guna G.A siwabessy adalah reaktor terbesar di Asia Tenggara yang mempunyai daya nominal 30 MW. Pengoperasian RSG-GAS dimanfaatkan untuk; pelatihan, produksi isotop, silikon doping, irradiasi sampel penelitian PRTF, dan lain-lain. Untuk menjamin lepasan zat radioaktif aman bagi lingkungan maka dilengkapi sistem monitoring stack sesuai dengan program proteksi radiasi yang termuat dalam laporan analisis keselamatan (LAK). Pemanfaatan radiasi khususnya di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) sebagai salah satu instalasi nuklir harus dijaga agar paparan radiasi yang ditimbulkan tidak merugikan dan membahayakan pekerja, masyarakat, dan lingkungan.

Untuk menjamin keselamatan radiasi sehubungan dengan kegiatan operasi instalasi nuklir seperti di RSG-GAS perlu adanya program pengendalian paparan radiasi yang intensif terhadap personil dan daerah kerja berdasarkan atas prinsip ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Sistem proteksi radiasi di RSG-GAS dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu: sistem terpasang yang terintegrasi dengan sistem reaktor, serta peralatan jinjing (portable) yaitu sistem pengukuran yang terlepas dari sistem yang lainnya. Sistem proteksi terpasang permanen berfungsi untuk melindungi personil (baik pekerja maupun tamu) di RSG-GAS dari paparan radiasi dan kontaminasi yang berlebihan yang tidak direncanakan dan tidak diijinkan. Selain itu, juga bertujuan untuk menjaga

dan mengendalikan lepasnya radioaktivitas ke lingkungan dalam batas-batas yang diijinkan.

Semua data hasil pengukuran sistem proteksi radiasi harus dikelola dan dievaluasi, untuk mengetahui secara detail tingkat keselamatan radiologis di RSG – GAS selama beroperasi, serta akan menjadi bagian dari laporan operasi RSG – GAS, yang akan diserahkan kepada BAPETEN. Evaluasi akan dilakukan terhadap data sistem proteksi radiasi RSG – GAS yang ada di dalam Laporan Operasi Teras ke 85. Karena pada periode tersebut terjadi perubahan acuan untuk pedoman keselamatan radiologis di RSG – GAS, antara lain; PERKA BAPETEN Nomor 1 Tahun 1999 (tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi) digantikan dengan PERKA BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013 (tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir), dan PERKA BAPETEN Nomor 2 Tahun 1999 (tentang Baku Tingkat Radioaktivitas di Lingkungan) digantikan dengan PERKA BAPETEN Nomor 7 Tahun 2013 (tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan).

## TEORI

### Potensi Sumber Radiasi di RSG-GAS

Selama pengoperasian maupun perawatan RSG-GAS tidak dapat dihindari bahwa di lokasi maupun ruangan berpeluang terpapar radiasi di dalam gedung reaktor. Potensi paparan radiasi di ruangan dapat berasal dari anatara lain : Ruangan pengoperasian reaktor yang bersumber dari teras reaktor tempat bahan bakar di tempatkan, paparan radiasi dari pipa air pendingin primer, pendingin sekunder, lepasan partikulat maupun gas dari pengotor uranium bahan bakar maupun hasil aktivasi di fasilitas iradiasi teras reaktor, pengeluaran target pasca iradiasi dari berbagai fasilitas iradiasi yang ada di RSG-GAS serta sewaktu melakukan penyimpanan limbah radioaktif di tempat penyimpanan sementara serta melakukan perawatan sistem di mana komponennya teraktivasi neutron.

Sumber potensi Radiasi di RSG-GAS yang berpeluang memaparkan radiasi berasal dari<sup>(1)</sup>:

1) Kolam Reaktor yang berhubungan langsung dengan sistem pendingin primer, dimana kolam reaktor terdapat teras reaktor tempat terjadi reaksi fisi antara neutron dengan U-235 (bahan bakar) yang menghasilkan neutron dan neutron akan mengaktivasi komponen yang terdapat pada kolam reaktor misalnya bahan bakar, air pendingin dan lain lain. Sehingga akan menimbulkan radiasi yang berasal dari reaksi aktivasi dan fisi di atas, dan berpeluang lepas ke udara dan mengkontaminasi lantai ruangan. Hasil aktivasi dengan air akan menghasilkan nuklida radioaktif diantaranya : N-16, N-17, dan

O-19, serta kandungan garam pada air yaitu Na-24, dan terbentuk reaksi aktivasi dengan bahan aluminium Na-23 dengan neutron, S-35 terbentuk dari reaksi aktivasi Cl-35 (n,p).Demikian juga akan terdapat tritium berasal dari Deuterium ( $H_2O_2$ ) yang secara alamiah terdapat dalam air ringan ( $H_2O$ ), reaksi fisi tingkat tiga dari bahan bakar, pengotor litium yang terdapat pada bahan aluminium, dan reaksi aktivasi dari reflector berilium. Demikian pula reaksi aktivasi gas Ar-41 yang terbentuk dari gas argon yang terdapat udara yang larut dalam air dengan neutron thermal dan epitermal. Reaksi pembentukan C-14, dengan sumber sumber pembentukan C-14 yaitu; reaksi N-14(n,p) C-14, reaksi o-17 (n,  $\alpha$ ) C-14, dan reaksi U-235 (n,fissi) C-14. Aktivasi yang terjadi dari nuklida-nuklida yang terbentuk akibat adanya kontaminasi pengotor pada permukaan bahan bakar. Karena keterbatasan pembuatan bahan bakar selalu terikat faktor pengotor yang uranium di permukaan lempengan bahan bakar ( 10  $\mu$ gr-uranium) tiap lempengan, akan mengakibatkan adanya aktivasi dengan neutron mengakibatkan terbentuk nuklida hasil fisi, yaitu terdiri dari nuklida- nuklida partikulat dan gas yaitu : I-128, I-131, I-132 sampai I-136, Br-82 sampai Br-84, Sr-89, Sr-90, y-90, y-91, Zr-95, Nb-95, Ru-103, Rh-103m, Ru-106, Rh-106, Sn-125, Sb-125, Te-127m, Te-129m, Te-132, Cs-137, Ba-140, La-140, Ce-141, Ce-144, Pr-144 , Nd-147, Sm-151, Kr-83m, Kr85 sampai 90, Xe-131 sampai Xe-138.

- 2) Sistem Pendingin Sekunder berpeluang terjadinya paparan radiasi dikarenakan adanya perbedaan tekanan antara pendingin primer dengan pendingin sekunder memperkecil adanya kebocoran air dari primer ke sekunder akibat adanya kebocoran di penukar panas. Dengan pengoperasian reaktor yang kontinu berpeluang memaparkan radiasi di ruangan.
- 3) Fasilitas Iradiasi
  - a. Hot Cell (lantai 13 m)
  - b. Paparan radiasi dari hot cell umumnya dari kegiatan yang berhubungan dengan pembongkaran wadah target iradiasi maupun perawatan ruang hot cell
  - c. Rabbit system (lantai 8 m)  
Paparan radiasi dan kontaminasi dari pengeluaran target iradiasi
  - d. CIP, IP dan Luar teras reaktor (Lantai 13 m)  
Paparan radiasi dan kontaminasi dari pengeluaran target iradiasi
- 4) Tempat penyimpanan sementara limbah radioaktif yang berupa padat dan cairan.

### Sistem Proteksi Radiasi Di RSG – GAS

Sistem proteksi radiasi di RSG-GAS menggunakan 2 kelompok sistem peralatan/instrumentasi yaitu:

sistem instrumentasi yang terpasang terintegrasi dengan sistem reaktor, dan instrumentasi/peralatan portabel untuk pengukuran/survei. Sistem proteksi ini dipasang untuk melindungi personil (baik pekerja maupun tamu) dari paparan radiasi dan kontaminasi, juga untuk menjaga dan mengendalikan lepasnya radioaktivitas ke lingkungan agar selalu dalam batas-batas yang diijinkan.

## SISTEM PROTEKSI RADIASI TERPASANG

### Sistem Pemantau Laju Dosis Gamma

Sistem Pemantau Laju Dosis Gamma berfungsi untuk mengukur laju dosis radiasi gamma (dalam satuan mR/jam) yang dipasang di berbagai lokasi yang dipilih dan ditentukan letaknya di dalam gedung reaktor yaitu di ruangan-ruangan yang memungkinkan terlepasnya radiasi gamma (laju dosis setempat). Selain mengukur besarnya paparan radiasi juga mengaktifkan alarm bila batas paparan telah dicapai/dilampaui, dengan maksud untuk memperingatkan pekerja radiasi. Detektor yang digunakan untuk menentukan laju dosis ion adalah dari tipe kamar ionisasi dan dipasang sedemikian rupa sehingga aksebilitasnya terjamin baik, khususnya untuk kalibrasi sekunder dengan menggunakan sumber-sumber standar dan pembangkit arus.

Ada tiga belas buah sistem pemantau laju dosis gamma buatan Hartmann & Braun yang dipasang untuk memantau tingkat radiasi daerah kerja di RSG-GAS, yaitu :

1. UJA02 CR001 di lantai - 6,50 m (R.0221), dipasang di depan tempat penyimpanan sementara limbah padat,
2. UJA02 CR002 di lantai - 6,50 m (R.0237), dipasang di depan ruang pompa KBE dan FAK,
3. UJA04 CR001 di lantai + 0,00 m (R.0421), dipasang di samping material acces,
4. UJA04 CR002 di lantai + 0,00 m (R.0426), dipasang di dalam ruang pompa primer,
5. UJA04 CR003 di lantai + 0,00 m (R.0423), dipasang di depan beam tube S1 dan S2,
6. UJA04 CR004 di lantai + 0,00 m (R.0423), yang dipasang di depan beam tube S5 dan S6 (dekat pintu masuk bagian dalam), sistem ini dipasang secara paralel indikator yang dipasang di depan pintu masuk, untuk memberi informasi bagi pekerja radiasi yang akan bekerja di Balai Percobaan,
7. UJA06 CR001 di lantai + 8,00 m (R.0621), dipasang di depan ruang penyimpanan Fuel Element baru,
8. UJA06 CR002 di lantai + 8,00 m (R.0629), yang dipasang di dekat Rabbit System untuk memantau berapa besar paparan yang diterima operator rabbit system,
9. UJA07 CR001 di lantai + 13,00 m (R.0721), yang dipasang di dekat pintu masuk, sistem ini dilengkapi indikator yang bisa dilihat berapa besar paparan sebelum personil masuk ke dalam gedung reaktor (ruang total body monitor),
10. UJA07 CR002 di lantai + 13,00 m (R.0721), dipasang pada dinding sebelah barat,
11. UJA07 CR003 di lantai + 13,00 m (R.0721), yang dipasang pada dinding sebelah selatan di depan Hot Cell,
12. UJA07 CR004 di lantai + 13,00 m (R.0721), yang dipasang di pinggir kolam reaktor,
13. UJA09 CR001 di lantai + 23,00 m (R.0935), di dalam Ruang Kendali Utama untuk memantau paparan yang diterima oleh operator maupun supervisor reaktor.

### Sistem Pemantau Tingkat Radioaktivitas Udara

Sumber paparan internal yang paling mungkin terjadi pada pekerja radiasi di dalam gedung RSG-GAS adalah melalui pernafasan udara yang mengandung gas-gas dan debu halus radioaktif. Sistem pemantau radioaktivitas udara berfungsi untuk mengukur tingkat konsentrasi radioaktivitas udara (dalam satuan Ci/m<sup>3</sup>) yang dipasang pada tempat yang ditentukan letaknya sedemikian rupa di dalam gedung reaktor, yang diperkirakan mempunyai potensi terlepasnya zat radioaktif ke udara dalam ruangan. Peralatan ini akan mengaktifkan alarm bila batas yang telah ditentukan dicapai/dilampaui untuk melindungi pekerja radiasi dari bahaya radiasi interna. Sistem instrumentasi pemantau radioaktivitas udara ini terdiri dari :

1. Sistem pengukuran aktivitas  $\beta$  aerosol
 

Ada tiga buah sistem pengukuran aktivitas  $\beta$ -aerosol tipe LB 151-1 buatan Berthold GmbH, Jerman yang terpasang untuk pemantauan daerah kerja, yaitu: KLK02 CR001, di lantai + 0,00 m (R.0423)
2. Sistem pengukuran aktivitas  $\alpha$ - $\beta$  aerosol
 

Ada dua buah sistem pengukuran aktivitas  $\alpha$ ,  $\beta$  aerosol tipe LB 150 buatan Berthold GmbH yaitu :

  - a. KLK01 CR001/2 di lantai + 13,0 m (R.0721), alat ini untuk memantau  $\alpha$  dan  $\beta$  aerosol di balai operasi
  - b. KLK04 CR002/3 di lantai + 0,00 m (R.0423), alat ini untuk memantau  $\alpha$  dan  $\beta$  aerosol di hot cell
3. Sistem pengukuran aktivitas  $\beta$  gas mulia
 

Ada tiga buah sistem pengukuran aktivitas gas mulia pemancar  $\beta$  yang terpasang, digunakan untuk memantau konsentrasi radioaktivitas udara di dalam ruangan-ruangan gedung RSG-GAS

  - a. KLK01 CR003 di lantai + 13,0 m (R.0721), alat ini untuk memantau  $\beta$  gas mulia di balai operasi

- b. KLK02 CR002 di lantai + 0,00 m (R. 0423), alat ini untuk memantau  $\beta$  gas mulia di balai percobaan
- c. KLK04 CR001 di lantai + 0,00 m (R.0423), alat ini untuk memantau  $\beta$  gas mulia di hot cell

### Sistem Pemantau Aktivitas Air Pendingin

Untuk mengukur besarnya aktivitas pendingin primer maupun sekunder. Pengukuran aktivitas pendingin primer untuk memantau adanya ketidaknormalan pada teras reaktor atau bahan bakar reaktor, sedangkan pengukuran aktivitas pendingin sekunder untuk memantau adanya ketidak normalan/ kerusakan pada tangki penukar panas. Ada tujuh buah sistem pengukuran aktivitas air yang terpasang di RSG-GAS yaitu:

1. KBE01 CR 001 di lantai – 6,50 m (R.0238), alat ini untuk memantau aktivitas air pendingin primer sebelum lewat resin
2. KBE02 CR 001 di lantai – 6,50 m (R.0230), alat ini untuk memantau aktivitas air warm layer system
3. KBE02 CR 002 di lantai – 6,50 m (R.0238), alat ini untuk memantau aktivitas air pendingin primer setelah lewat resin
4. FAK01 CR001 di lantai – 6,50 m (R.0230), alat ini untuk memantau aktivitas air kolam penyimpan bahan bakar bekas
5. PA01 CR001 di lantai + 0,00 m (R.0420), alat ini untuk memantau aktivitas air pendingin sekunder
6. PA02 CR001 di lantai + 0,00 m (R.0420), alat ini untuk memantau aktivitas air pendingin sekunder
7. KPK01 CR001 di lantai – 6,50 m (R.0223), alat ini untuk memantau aktivitas air limbah

### Sistem Pemantau Lepas Radioaktif Melalui Cerobong

Untuk mengetahui bahan-bahan radioaktif yang dilepas ke lingkungan dan mencegah pelepasan radioaktif yang melampaui batas konsentrasi maksimum yang diijinkan. Maksud pemantauan buangan radioaktif yang bersifat gas ini adalah untuk mengetahui jumlah bahan-bahan radioaktif yang dibuang ke lingkungan dan mendeteksi kemungkinan terjadinya pelepasan radioaktif yang tidak normal. Ada lima buah sistem pengukuran lepasan/pancaran hasil belah bahan bakar reaktor di cerobong udara buangan yaitu:

1. KLK06 CR001 di lantai + 27,10 m (R.1003), adalah sistem fasilitas pengukuran untuk mencatat gas-gas muliaradioaktif selama operasi normal dan setimbang
2. KLK06 CR002 di lantai + 27,10 m (R.1003), adalah sistem fasilitas pengukuran untuk mencatat gas-gas muliaradioaktif selama darurat dan setimbang

3. KLK06 CR003 di lantai + 27,10 m (R.1003), adalah sistem fasilitas pengukuran untuk mencatat aerosol-aerosol radioaktif
4. KLK06 CR004 di lantai + 27,10 m (R.1003), adalah fasilitas pengumpul iodium dan aerosol untuk evaluasi laboratorium

### Sistem Proteksi Radiasi Jinjing (Portable) RSG-GAS

Sistem proteksi radiasi jinjing adalah sistem pemantauan paparan radiasi menggunakan surveimeter jinjing (portable) di daerah-daerah yang berpotensi terdapat paparan radiasi serta dimana para pekerja radiasi sering melakukan kegiatannya. Sistem proteksi radiasi jinjing di RSG-GAS dilakukan dengan:

1. Pemantauan Rutin  
Pemantauan rutin yaitu pemantauan paparan radiasi gamma yang dilaksanakan secara berkala setiap hari untuk mengukur tingkat paparan radiasi gamma di daerah kerja.
2. Pemantauan Operasional  
Pemantauan operasional yaitu pemantauan paparan radiasi gamma 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.

### TATA KERJA

Pada makalah ini digunakan data – data hasil pengukuran sistem proteksi radiasi pada periode Teras ke 85, sedangkan langkah - langkah evaluasi yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan kompilasi (pemilahan dan tabulasi) data – data hasil pengukuran sistem proteksi radiasi di RSG – GAS pada periode Teras ke 85 berdasarkan batasan parameter yang telah ditentukan sebelumnya,
2. Menghitung nilai rata – rata dan nilai maksimal dari setiap parameter pengukuran radiasi,
3. Membandingkan setiap nilai rata – rata dan nilai maksimal dari setiap parameter pengukuran radiasi dengan nilai batas keselamatan yang telah ditentukan (baik yang tercantum di dalam Laporan Analisis Keselamatan maupun di dalam PERKA BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013),
4. Membuat evaluasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data operasi teras ke 85 dimulai dari tanggal 28 Desember 2013 sampai dengan tanggal 10 Juni 2014<sup>(2)</sup>, adapun data laju paparan radiasi setelah dirata-rata hasilnya dapat dilihat dalam Tabel 1,

yang menggunakan satuan lama atau non-SI. Sedangkan denah pemetaan laju dosis radiasi gamma dapat dilihat pada Gambar 1, dan denah pemetaan laju dosis neutron dapat dilihat pada Gambar 2.

**Tabel 1.** Laju Dosis Gamma dan Neutron (menggunakan satuan lama atau non-SI)

No	Lokasi Pengukuran	Batas Maksimum (mRem/jam)	Laju Dosis Radiasi (mRem/ jam)			
			0 MW		15 MW	
			Rerata	Maks	Rerata	Maks
<b>Laju Dosis Gamma</b>						
1.	Diatas Permukaan Kolam	125	$2,50 \times 10^{-1}$	$1,00 \times 10^{-0}$	$1,75 \times 10^{-0}$	$6,80 \times 10^{-0}$
2.	Paparan tertinggi lantai 13.00 m	125	$2,45 \times 10^{-1}$	$2,26 \times 10^{-0}$	$8,91 \times 10^{-0}$	$6,80 \times 10^{-0}$
3.	Paparan tertinggi lantai 8.00 m	125	$4,14 \times 10^{-1}$	$4,20 \times 10^{-0}$	$1,20 \times 10^{-0}$	$6,00 \times 10^{-0}$
4.	Paparan tertinggi lantai 0.00 m	125	$4,32 \times 10^{-1}$	$8,80 \times 10^{-0}$	$1,62 \times 10^{-0}$	$1,00 \times 10^1$
5.	Paparan tertinggi lantai -6.50 m	2,5	$1,80 \times 10^{-1}$	$1,60 \times 10^{-0}$	$3,83 \times 10^{-1}$	$1,40 \times 10^{-0}$
<b>Laju Dosis Neutron</b>						
1.	Paparan tertinggi lantai 0.00 m	2,5	-	-	$4,18 \times 10^{-2}$	$6,00 \times 10^{-1}$

Sebelum data dilaporkan ke BAPETEN terlebih dahulu diperiksa oleh Panitia Keselamatan (PK), berikut adalah rekomendasi dari PK; Berdasarkan perka Bapeten No.4 Tahun 2013, tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir, satuannya dalam

mSv/jam<sup>(3)</sup>, sedangkan dalam laporan Teras 85 masih dalam mRem/jam (Tabel 1).Masalah ini segera ditindaklanjuti dengan mengkonversi satuan dari mRem/jam menjadi msv/jam dengan cara membagi 100 dari data, dan hasilnya seperti yang tersaji pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Laju Dosis Gamma dan Neutron (menggunakan satuan baru atau SI)

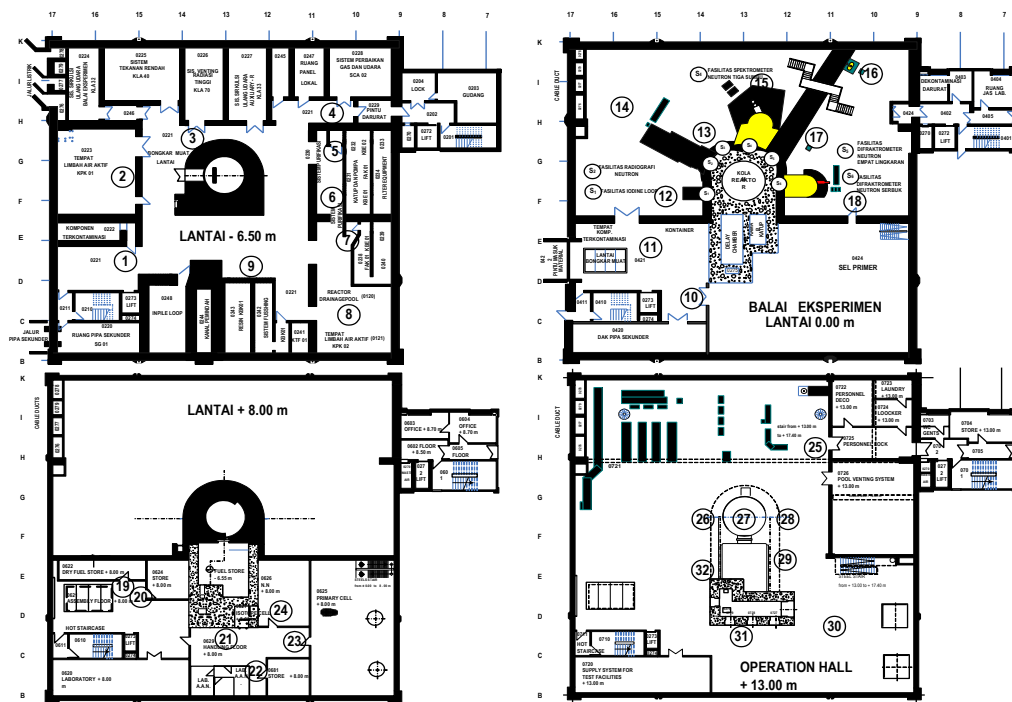
No	Lokasi Pengukuran	Batas Maksimum (mSv/ jam)	Laju Dosis Radiasi (mSv/ jam)			
			0 MW		15 MW	
			Rerata	Maks	Rerata	Maks
<b>Laju Dosis Gamma</b>						
1.	Diatas Permukaan Kolam	1,25	$2,50 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-2}$	$1,75 \times 10^{-2}$	$6,80 \times 10^{-2}$
2.	Paparan tertinggi lantai 13.00 m	1,25	$2,45 \times 10^{-3}$	$2,26 \times 10^{-2}$	$8,91 \times 10^{-3}$	$6,80 \times 10^{-2}$
3.	Paparan tertinggi lantai 8.00 m	1,25	$4,14 \times 10^{-3}$	$4,20 \times 10^{-2}$	$1,20 \times 10^{-2}$	$6,00 \times 10^{-2}$
4.	Paparan tertinggi lantai 0.00 m	1,25	$4,32 \times 10^{-3}$	$8,80 \times 10^{-2}$	$1,62 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-1}$
5.	Paparan tertinggi lantai -6.50 m	0,025	$1,80 \times 10^{-3}$	$1,60 \times 10^{-2}$	$3,83 \times 10^{-3}$	$1,40 \times 10^{-2}$
<b>Laju Dosis Neutron</b>						
1.	Paparan tertinggi lantai 0.00 m	0,025	-	-	$4,18 \times 10^{-4}$	$6,00 \times 10^{-3}$

Beberapa lokasi pengukuran yang menunjukkan kenaikan tingkat laju dosis gamma ketika reaktor beroperasi dibandingkan ketika reaktor tidak beroperasi. Hal ini disebabkan karena :

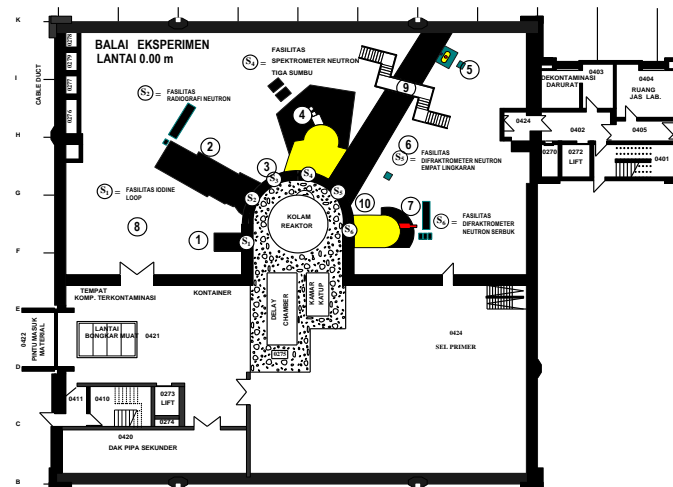
1. Aktivasi neutron pada kandungan air pendingin primer, seperti pada lokasi di lantai 0,00 m; lantai + 8,00 m; dan pada lokasi di atas dan di

sekitar kolam reaktor (titik nomor; 10, 18, 23, 27, 29, dan 32 pada Gambar 1),

2. Dibukanya shutter pada beberapa fasilitas beam tube ketika reaktor beroperasi, seperti pada lokasi di lantai 0,00 m (titik; 12, 13, dan 17 pada Gambar 1).



Gambar 1. Titik-titik pengukuran radiasi Gamma



Gambar 2. Titik-titik pengukuran radiasi Neutron

Tabel 3. Tingkat kontaminasi permukaan

No	Lokasi Pengukuran	Batas Maksimum (Bq/cm <sup>2</sup> )	Tingkat kontaminasi $\beta$ (Bq/cm <sup>2</sup> )			
			0 MW		15 MW	
			Rerata	Maks	Rerata	Maks
1.	Lantai 13.00 m	3,7	0,01	0,03	0,01	0,02
2.	Lantai 8.00 m	3,7	0,06	0,24	0,05	0,11
3.	Lantai 0.00 m	3,7	0,03	0,62	0,04	0,17
4.	Lantai -6.50 m	3,7	0,01	0,07	0,02	0,15

Dari data tingkat kontaminasi permukaan (Tabel 3), menunjukkan bahwa pada saat reaktor tidak operasi nilainya lebih besar jika dibandingkan dengan data pada saat operasi, hal ini dapat dijelaskan bahwa tingkat kontaminasi bukan merupakan fungsi operasi melainkan fungsi kegiatan yang berpotensi kontaminasi. Hal ini dapat terjadi karena pada saat reaktor tidak beroperasi banyak

dilakukan kegiatan penanganan sampel paska iradiasi, yang dalam kegiatan tersebut dimungkinkan adanya tetapan air maupun aerosol yang teraktivasi, dan secara tidak sengaja tercecer atau keluar dari sistem pengungkung, sehingga memungkinkan meningkatnya cacah latar tingkat kontaminasi permukaan.

**Tabel 4.** Radioaktivitas Udara

No	Lokasi Pengukuran	Batas Maksimum (Bq/ L)	Hasil Pengukuran (Bq/ L)			
			0 MW		15 MW	
			Rerata	Maks	Rerata	Maks
<b><math>\alpha, \beta</math> Aerosol</b>						
1.	Lantai + 13.00 m (KLK01 CR002)	$\alpha$ $7,03 \times 10^{-2}$	$7,87 \times 10^{-5}$	$8,51 \times 10^{-4}$	$8,52 \times 10^{-5}$	$2,59 \times 10^{-4}$
2.	Lantai + 13.00 m (KLK01 CR001)	$\beta$ $7,03 \times 10^{-1}$	$5,65 \times 10^{-4}$	$5,55 \times 10^{-3}$	$8,09 \times 10^{-4}$	$5,55 \times 10^{-3}$
3.	Lantai + 8.00 m dan + 13.00 m (KLK04 CR002)	$\alpha$ $7,03 \times 10^{-2}$	$4,61 \times 10^{-5}$	$3,70 \times 10^{-4}$	$3,73 \times 10^{-5}$	$4,44 \times 10^{-5}$
4.	Lantai + 8.00 m dan + 13.00 m (KLK04 CR003)	$\beta$ $7,03 \times 10^{-1}$	$3,69 \times 10^{-4}$	$4,44 \times 10^{-4}$	$8,48 \times 10^{-4}$	$1,11 \times 10^{-2}$
<b>Noble Gas (Bq/ L)</b>						
1.	Stack (KLK06 CR002)	$1,85 \times 10^4$	$3,78 \times 10^3$	$5,55 \times 10^3$	$3,78 \times 10^3$	$4,44 \times 10^3$
2.	Stack (KLK06 CR001)	$1,85 \times 10^4$	$7,67 \times 10^0$	$1,48 \times 10^1$	$7,48 \times 10^0$	$8,14 \times 10^0$
<b>Tingkat Konsentrasi Radionuklida Gross Beta (Bq/ L)</b>						
1.	Lantai 13.00 m	$7,03 \times 10^{-1}$	$2,08 \times 10^{-2}$	$2,53 \times 10^{-2}$	$3,35 \times 10^{-2}$	$3,37 \times 10^{-2}$
2.	Lantai 0.00 m	$7,03 \times 10^{-1}$	$1,16 \times 10^{-2}$	$1,85 \times 10^{-2}$	$1,19 \times 10^{-2}$	$1,68 \times 10^{-2}$

Dari data tingkat kontaminasi udara  $\beta$  aerosol dan gas mulia batasan lepasan lingkungan (Tabel 4) mengacu kepada desain awal dan nilai yang terukur dalam gross, sedangkan berdasarkan perka Bapeten No. 7 Tahun 2013, tentang Nilai batas Radioaktivitas Lingkungan, ditentukan tiap nuklida<sup>(4)</sup> misalnya untuk I-131 nilai batasnya sebesar  $8,5 \times 10^4$  Bq/ jam, untuk Co-60 sebesar  $7,9 \times 10^2$  Bq/ jam, dan Cs-137 sebesar  $2,0 \times 10^3$  Bq/ jam. Oleh karena itu data yang terukur sudah tidak representatif dan sangat sulit untuk dicari kesesuaiannya, untuk mengatasi hal tersebut solusi yang tepat adalah dengan Revitalisasi peralatan yang bisa mengidentifikasi nuklida, dan mengukur aktivitasnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Data pengendalian sistem proteksi radiasi pada laporan teras 85 tidak ada yang melebihi batas ketentuan keselamatan

2. Data untuk  $\beta$  aerosol dan gas mulia masih dalam Gross jadi tidak sesuai dengan Perka Bapeten No. 7 Tahun 2013, tentang Nilai batas Radioaktivitas Lingkungan
3. Solusi yang tepat agar data sesuai dengan ketentuan keselamatan dari BAPETEN peralatan perlu di Revitalisasi dengan peralatan yang bisa mengidentifikasi Nuklida dan mengukur aktivitasnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Laporan Analisis Keselamatan RSG – GAS Revisi 10.1,
2. Laporan Operasi Reaktor Serbaguna – G.A. Siwabessy, Teras 85,
3. PERKA BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013, tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir,
4. PERKA BAPETEN Nomor 7 Tahun 2013, tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan.