

## EVALUASI PENERIMAAN DOSIS PEKERJA RADIASI PADA OPERASI TERAS 66-69 RGS - GAS

Sunamingsih, Jaja Sukmana  
Staf Bidang Keselamatan, PRSG-BATAN

### ABSTRAK

**EVALUASI PENERIMAAN DOSIS PEKERJA RADIASI PADA TERAS 66 – 69 RSG-GAS.** Dosis radiasi yang diterima para pekerja radiasi perlu dievaluasi dengan tujuan untuk mengendalikan batas aman penerimaan radiasi sesuai dengan prinsip ALARA. Tulisan ini menjelaskan evaluasi dosis radiasi yang diterima para pekerja radiasi RSG-GAS pada operasi teras 66 – 69. Evaluasi dilaksanakan dengan mengamati, mencatat dan menganalisis besarnya dosis radiasi yang secara terus menerus diterima para pekerja radiasi seperti yang ditunjukkan oleh badge TLD untuk radiasi eksternal. Sedangkan dosis radiasi internal diukur dengan Whole Body Counter. Dari hasil evaluasi diperoleh data bahwa dosis rata-rata tahunan adalah  $0,44 \pm 0,38$  mSv. Sedangkan dosis maksimum individu sebesar 5,36 mSv diterima oleh pekerja radiasi dari bidang operasi reaktor. Data penerimaan dosis dapat digunakan sebagai masukan untuk mengatur kembali pendistribusian tugas

Kata kunci : dosis radiasi, pekerja

### ABSTRAK

**EVALUATION OF RADIATION WORKERS DOSES ACCEPTANCE AT THE RSG-GAS DURING 66<sup>th</sup> – 69<sup>th</sup> CYCLES.** Radiation doses received by radiation workers require evaluation in order to control and keep a safe limit of radiation dose as recommended by ALARA principles. This paper describes evaluation of radiation doses received by the RSG-GAS radiation worker in the course of the 66<sup>th</sup> – 69<sup>th</sup> reactor operation's cycles. The evaluation was done by observing, recording, and analysing magnitude of radiation dose continuously received by the worker and as shown by TLD badge for external radiation. While internal radiation was measured by Whole Body Counter. Of evaluation gained that data of average radiation dose was  $0,44 \pm 0,38$  mSv yearly. Maximum individual dose was 5,36 mSv received by reactor operation division. This valuable data can be further used to re-arrange of work distribution to avoid excessive acceptance of individual dose

Key word : Radiation dose, worker

### PENDAHULUAN

Pengoperasian Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) akan menghasilkan nuklida-nuklida tidak stabil yang memancarkan energi gamma, beta, alpha, dan neutron (radiasi  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , dan  $n$ ), yang menjadi sumber radiasi dan berpotensi mengkontaminasi udara di dalam gedung reaktor. Paparan radiasi terutama gamma ( $\gamma$ ) memancar kesegala arah dan berpotensi menyinari para pekerja radiasi. Besarnya radiasi yang diterima pekerja tergantung dari beberapa faktor, yaitu besarnya aktivitas sumber, jarak, dan durasi bekerja di daerah radiasi tersebut.

Untuk menjamin keselamatan dosis pekerja radiasi, diperlukan pemantauan paparan radiasi yang intensif terhadap personil berdasarkan atas prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*).

Dosis eksternal yaitu dosis seluruh tubuh (DEST) dipantau dengan menggunakan badge TLD secara

berkala dan wajib bagi setiap pekerja radiasi, sedangkan dosis internal (*in vivo system*) dipantau dengan menggunakan alat Whole Body Counting (WBC). Pemantauan diwajibkan bagi pekerja radiasi yang sifat pekerjaannya memungkinkan mendapat paparan radiasi internal.

Rekomendasi BSS (Batam Security System) 115 tahun 1996 menetapkan nilai batas dosis efektif sebesar 20 mSv pertahun, yang dirata-ratakan untuk 5 tahun, dengan ketentuan selanjutnya bahwa batasan dosis efektif tersebut boleh sampai dengan 50 mSv asal tahun sebelumnya tidak lebih dari 20 mSv dan rata-rata dalam 5 tahun berturut-turut tidak lebih dari 20 mSv

Makalah ini membahas mekanisme pemantauan dosis pekerja radiasi pada operasi teras 66 sampai teras 69 (tahun 2009) daya 15 MW, dosis eksternal dengan menggunakan TLD dan dosis internal dengan WBC. Hasil pemantauan kemudian dievaluasi, untuk mengetahui seberapa besar dosis radiasi telah mengenai para pekerja yang pada tahap lanjut dapat

digunakan sebagai pertimbangan manajemen untuk mengelola program proteksi radiasi kearah yang lebih baik

**TEORI**

*Dosis paparan radiasi* didefinisikan sebagai kemampuan radiasi sinar-x atau gamma untuk menimbulkan ionisasi di udara dalam volume tertentu<sup>(1)</sup>. Secara matematis *paparan radiasi* dapat ditulis :

$$X = \frac{dQ}{dm} \dots\dots\dots(1)$$

dimana *X* : adalah jumlah muatan pasangan ion yang terbentuk dalam suatu elemen volume udara bermassa *dm* dalam satuan C/kg.

Sedangkan *dosis serap* didefinisikan sebagai energi rata-rata yang diserap bahan persatuan massa bahan. Secara matematis dapat ditulis

$$D = \frac{dE}{dm} \dots\dots\dots(2)$$

dimana *D* : adalah energi yang diserap oleh bahan yang mempunyai massa *dm* dalam satuan gray (Gy). Meskipun dosis serap pada dasarnya untuk penggunaan pada suatu titik tertentu, namun untuk kepentingan proteksi radiasi digunakan untuk menunjukkan dosis rata-rata pada suatu jaringan atau organ tubuh. Dan dosis ekivalen adalah dosis serap yang sama tetapi berasal dari jenis radiasi yang berbeda akan memberikan efek biologi yang berbeda pada sistem jaringan tubuh, karena daya ionisasi masing-masing jenis radiasi berbeda. Secara matematis *dosis ekivalen* dapat dituliskan sebagai berikut

$$H = \sum (Dx.W\tau) \dots\dots\dots(3)$$

dimana *H*: adalah *dosis ekivalen* dalam satuan sievert (Sv), *Wτ* adalah *faktor bobot* radiasi terhadap organ/jaringan tubuh.

Dosis eksterna yaitu dosis seluruh tubuh (DEST), dipantau dengan menggunakan *TLD badge* (Thermoluminescence Dosimeter) yang dipantau secara berkala dan wajib bagi setiap pekerja radiasi, sedangkan dosis interna (*in vivo system*) yang dipantau dengan menggunakan alat *WBC* diwajibkan bagi pekerja radiasi yang sering melakukan pekerjaan di daerah radiasi yang dimungkinkan mendapat paparan radiasi interna. Pemonitoran perorangan mutlak dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang penyinaran pada individu. Keselamatan dosis pekerja radiasi mencakup dosis eksterna dan dosis Interna.

**Pemantauan dosis eksterna**

Pemantauan dosis radiasi eksterna menggunakan *badge TLD*. Berdasarkan tingkat kepekaannya terhadap radiasi, dosimeter perorangan dapat

dikategorikan sesuai dengan tujuan penggunaannya. TLD, ada yang dirancang untuk pemantauan radiasi beta, radiasi gamma, neutron maupun campuran berbagai jenis radiasi seperti beta-gamma, neutron-gamma serta neutron-beta-gamma, TLD BADGE, ada beberapa kristal termasuk CaF<sub>2</sub> yang menggunakan Mn sebagai pencemar (impuritas) dan LiF, memancarkan cahaya apabila kristal-kristal tersebut dipanaskan setelah dikenai radiasi. Kristal-kristal tersebut dinamakan kristal termoluminesens (kristal pendar panas). Penyerapan energi radiasi oleh kristal mengakibatkan timbulnya atom-atom dalam kristal sehingga menghasilkan elektron-elektron dan lubang-lubang bebas dalam kristal pendar panas. Elektron-elektron ini ditangkap oleh pemancar dalam kisi-kisi kristalin sehingga dapat menghalangi timbulnya energi dalam kristal tersebut. Kristal-kristal yang dipanaskan melepaskan energi yang ditimbulkan sebagai cahaya. Pengukuran keluaran cahaya bersamaan dengan meningkatnya suhu. Suhu dimana keluaran cahaya maksimum terjadi merupakan suatu ukuran energi pengikat elektron pada lobang didalam tangkapan tersebut. Jumlah cahaya yang diukur sebanding dengan jumlah elektron yang ditangkap atau dengan kata lain sebanding dengan energi yang diserap dari radiasi pengion. Jadi intensitas cahaya yang dipancarkan pada saat pemanasan kristal pendar panas secara langsung sebanding dengan dosis radiasi yang diserap oleh kristal tersebut.

**Pemantauan dosis interna**

Pemantauan dosis interna dimaksudkan untuk mengetahui jumlah dan jenis zat radioaktif yang mengendap dalam organ tubuh tertentu untuk kemudian diinterpretasikan besar dosis yang mungkin diterima organ tersebut. Pemantauan kadar kontaminan radioaktif, baik yang terdapat dalam udara maupun permukaan daerah kerja (lantai serta fasilitas kerja lainnya) juga dapat dipergunakan untuk memperkirakan jumlah zat radioaktif yang masuk ke dalam tubuh pekerja. Jenis maupun metode pemantauan dosis interna yang dilakukan bergantung pada jenis radionuklida yang diperkirakan mengendap di dalam tubuh, antara lain dengan pemeriksaan langsung menggunakan alat pencacah radiasi seluruh tubuh (*whole body counter, WBC*). Pengendapan zat radioaktif di dalam tubuh ada kalanya dapat diukur secara langsung dari luar tubuh menggunakan alat cacah radiasi seluruh tubuh. (WBC), Namun pencacahan langsung ini hanya efektif untuk pemeriksaan zat-zat radioaktif pemancar sinar-x maupun gamma dan juga pemancar beta murni berenergi tinggi yang mampu menghasilkan spektrum Bremmstrahlung dalam organ-organ di dalam tubuh. Kesulitan yang muncul dalam kegiatan pencacahan seluruh tubuh dapat dikarenakan ukuran tubuh manusia cukup besar

untuk dicacah dengan detektor radiasi, juga karena radionuklida yang dicacah tidak terdistribusi secara merata di seluruh tubuh.

## METODOLOGI

### a. Alat yang digunakan:

1. TLD type 700, 4 element 7767, buatan Harshaw
2. TLD-Reader model 6600, buatan Harshaw.
3. Whole Body Counting buatan Canberra

### b. Cara Kerja:

Pemantauan dosis radiasi personil dilakukan selama kurun waktu tahun 2009, yaitu ketika reaktor beroperasi pada teras ke 66 s/d teras ke 69. Evaluasi dilakukan dengan mengamati dan membandingkan besaran dosis radiasi yang diperoleh pekerja radiasi sebagai akibat operasi dengan pelayanan target-target iradiasi. Pemantauan dosis radiasi dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Pemonitoran dosis personil terhadap paparan radiasi eksternal dilakukan dengan cara memakai/memasang TLD di dada atau dibagian lain pada pekerja radiasi. TLD digunakan untuk menangkap radiasi yang berasal dari sinar X,  $\beta$ , dan  $\gamma$ , dan neutron.

2. Personil yang dipantau diambil dari populasi yang dibedakan atas kategori pekerjaannya, dimana bagian ini memungkinkan penerimaan paparan radiasi lebih besar, bagian tersebut adalah: Bidang Operasi Reaktor (BOR), Bidang Sistem (BSR), Bidang Keselamatan (BK) dan Unit Jaminan Mutu (UJM) dan Unit Pengamanan Nuklir (UPN)

3. Pemeriksaan dosis interna dengan WBC

Pemantauan dosis personil terhadap paparan radiasi interna dilakukan dengan cara pemantauan dengan monitor WBC yang ada di PTLR, bagi pekerja radiasi yang sering melakukan pekerjaan yang dimungkinkan akan terkena radiasi interna. Sampel diambil dari populasi yang dibedakan atas kategori pekerjaannya, misalnya Bidang Operasi Reaktor (BOR), Bidang Sistem (BSR), dan Bidang Keselamatan (BK)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemantauan dosis radiasi eksternal Hp-10 dengan menggunakan TLD selama Operasi teras 66 - 69 tahun 2009 pekerja radiasi di RSG-GAS disajikan pada Tabel 1 dibawah ini

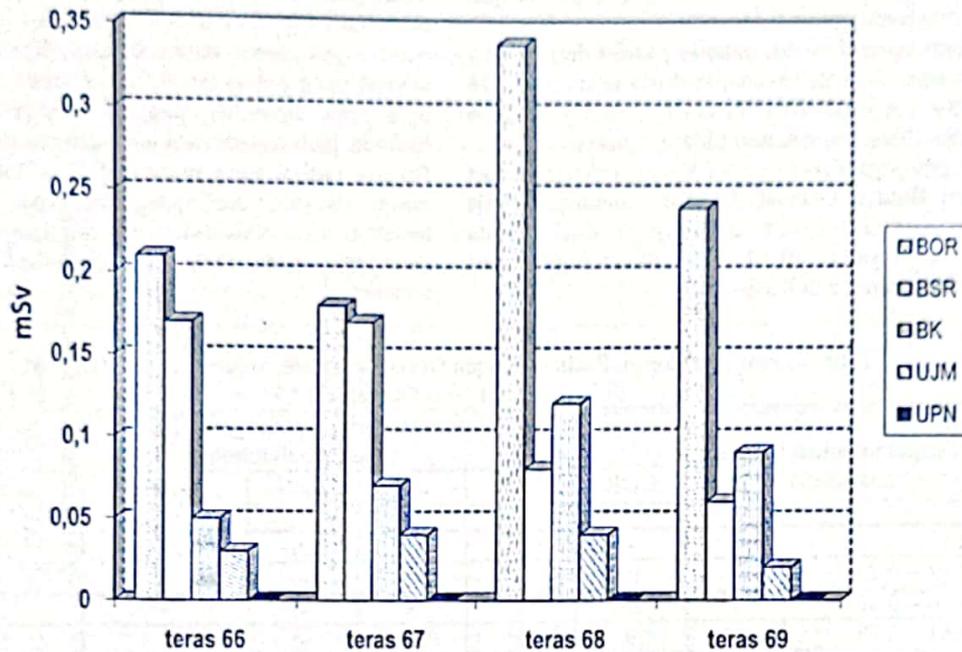
Tabel 1. Dosis Ekuivalent Seluruh Tubuh (Hp-10) pekerja radiasi di RSG-GAS

waktu	BOR (mSv)			BSR (mSv)			BK (mSv)			UJM+Kapus (mSv)			UPN (mSv)		
	rrt	tt	th	rrt	tt	th	rrt	tt	Th	rrt	tt	th	rrt	tt	th
T66	0,18 ± 0,14	1,11	ttd	0,17 ± 0,15	0,43	ttd	0,05 ± 0,01	0,07	Ttd	0,03 ± 0,02	0,05	ttd	ttd	ttd	ttd
T67	0,21 ± 0,15	1,94	ttd	0,17 ± 0,14	0,19	ttd	0,07 ± 0,03	0,39	Ttd	0,04 ± 0,03	0,05	ttd	ttd	ttd	ttd
T68	0,16 ± 0,13	1,18	ttd	0,08 ± 0,06	0,45	ttd	0,07 ± 0,03	0,14	ttd	0,04 ± 0,01	0,08	ttd	ttd	ttd	ttd
T69	0,19 ± 0,17	1,98	ttd	0,06 ± 0,03	0,11	ttd	0,09 ± 0,05	0,22	ttd	0,02 ± 0,01	0,03	ttd	ttd	ttd	ttd

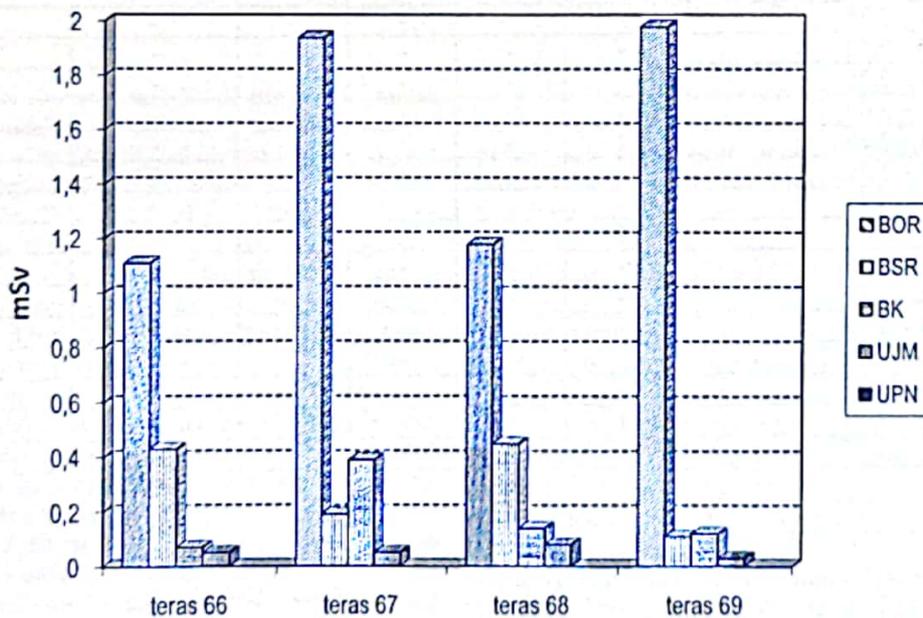
Keterangan : rrt : rerata, tt : tertinggi, th : terendah

Dari tabel 1. tersebut kami tampilkan gambar 1. Yaitu grafik DEST rerata tertinggi pekerja radiasi setiap bidang dan Gambar 2. Grafik DEST tertinggi

pekerja radiasi setiap bidang-bidang di PRSG pada Teras operasi ke 66-69  
Grafik untuk dapat dievaluasi dan lebih komunikatif.



Gambar 1. grafik DEST rerata tertinggi pekerja radiasi setiap bidang di PRSG pada Teras operasi ke 66-69



Gambar 2. Grafik DEST tertinggi pekerja radiasi setiap bidang-bidang di PRSG pada Teras operasi ke 66-69

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat, bahwa:  
1. Pada teras operasi ke-66, untuk Bidang Operasi Reaktor mendapat dosis tertinggi dibandingkan

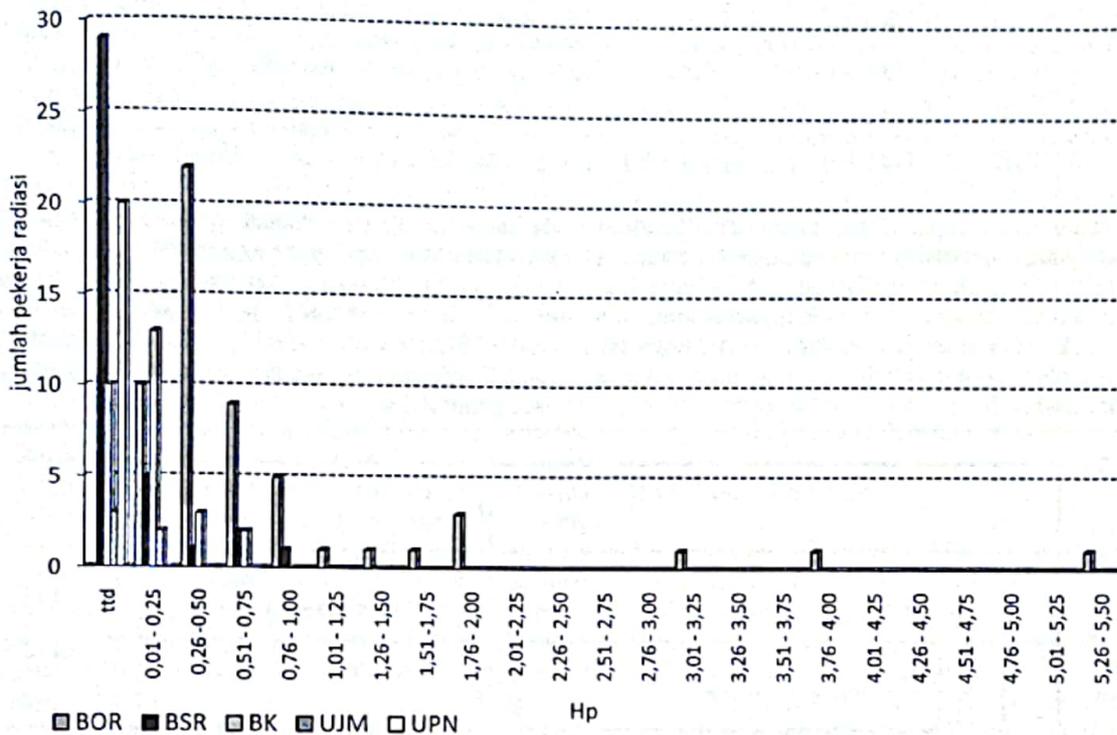
bidang-bidang lainnya yaitu 1,11 mSv dan juga rerata tertinggi 0,18 mSv.  
2. Untuk teras operasi ke-67, dosis tertinggi 1,94 mSv diperoleh pekerja radiasi dari bidang

- Bidang Operasi Reaktor begitu juga dengan rerata teringginya 0,16 mSv
3. Teras operasi ke-68, pekerja radiasi dari Bidang Operasi Reaktor mendapat dosis tertinggi 1,18 mSv dan juga dosis rerata tertinggi yaitu 0,16 mSv dibandingkan dari bidang lainnya
  4. Begitu juga Teras operasi ke-69, pekerja radiasi dari Bidang Operasi Reaktor mendapat dosis tertinggi 1,98 mSv dan juga dosis rerata tertinggi yaitu 0,19 mSv dibandingkan dari bidang lainnya di RSG-GAS

Sedangkan yang mendapat dosis terendah untuk sebagian besar dari Unit Pengamanan Nuklir. Pada perhitungan dosis rerata bidang diperoleh faktor deviasi yang cukup besar, hal tersebut karena dari data yang diperoleh, banyak besaran dosis yang berbeda jauh antara data satu dengan data lainnya. Pekerja radiasi yang mendapat dosis tak terdeteksi masih banyak, dari yang mendapat dosis, hal tersebut dikarenakan kurang meratanya distribusi pekerjaan pada setiap pekerja radiasi di bidang tersebut.

Tabel 2. Jumlah Pekerja Radiasi dengan Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (Hp-10) di PRSG pada teras Operasi 66-69

Pengelompokan jumlah dosis(mSv)	Jumlah karyawan dengan DEST					Jumlah
	BOR	BSR	BK	UPN	UJM+ Kapus	
ttd	-	29	10	20	3	62
0,01 – 0,25	10	5	13	-	2	30
0,26 – 0,50	22	1	3	-	-	25
0,51 – 0,75	9	2	2	-	-	13
0,76 – 1,00	5	1	-	-	-	6
1,01 – 1,25	1	-	-	-	-	1
1,26 – 1,50	1	-	-	-	-	1
1,51 – 1,75	1	-	-	-	-	1
1,76 – 2,00	3	-	-	-	-	3
2,01 – 2,25	-	-	-	-	-	-
2,26 – 2,50	-	-	-	-	-	-
2,51 – 2,75	-	-	-	-	-	-
2,76 – 3,00	-	-	-	-	-	-
3,01 – 3,25	1	-	-	-	-	1
3,26 – 3,50	-	-	-	-	-	-
3,51 – 3,75	-	-	-	-	-	-
3,76 – 4,00	1	-	-	-	-	1
4,01 – 4,25	-	-	-	-	-	-
4,26 – 4,50	-	-	-	-	-	-
4,51 – 4,75	-	-	-	-	-	-
4,76 – 5,00	-	-	-	-	-	-
5,01 – 5,25	-	-	-	-	-	-
5,26 – 5,50	1	-	-	-	-	1
Jumlah						145



Gambar 3. Grafik Distribusi Penerimaan Dosis Radiasi Eksterna (Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh/Hp10) Pekerja Radiasi di PRSG

Pada Gambar 3 dan tabel 2, di tunjukkan jumlah pekerja radiasi di PRSG yang terdapat mendapat Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST) PRSG pada operasi teras 66 – 69. Gambar 3 merupakan tampilan dari Tabel 2. Dari grafik tersebut terlihat bahwa dari setiap bidang ada DEST yang tidak terdeteksi atau nol. Dosis tak terdeteksi, adalah kelompok yang paling banyak pekerja radiasi mendapat dosis untuk setiap bidangnya, selain pekerja radiasi dari bidang operasi reaktor. Pekerja radiasi selain dari Bidang Operasi Reaktor, sebagian besar mendapat dosis tak terdeteksi dan tidak ada yang mendapat dosis melebihi 1,00 mSv. Untuk pekerja radiasi bidang operasi reaktor paling banyak mendapat dosis pada kelompok dosis ( 0,26 – 0,50 mSv ), dan yang yang lainnya terdistribusi pada kelompok dosis lebih besar. Satu pekerja radiasi bidang operasi reaktor yang mendapat dosis tertinggi pada pengoperasian RSG GA Siwabessy teras 66 – 69, yaitu 5,36 mSv.

Untuk membatasi dosis radiasi pada pekerja dan menunjukkan dipenuhinya sistem pembatasan dosis

yang direkomendasikan oleh Bapeten. Nilai Batas Dosis (NBD) adalah salah satu ketentuan mengenai pembatasan dosis bagi pekerja radiasi<sup>1</sup>. Kriteria NBD pekerja radiasi ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Nilai Batas Dosis ( NBD ) pekerja radiasi

Kriteria	NBD pekerja radiasi
Seluruh tubuh	20 mSv / tahun
Wanita subur	< 5 mSv / 13 minggu
Wanita hamil	< 4 mSv, selama mengandung
Penyinaran lokal	0,5 Sv / tahun untuk semua jaringan
Lensa mata	0,15 Sv / tahun

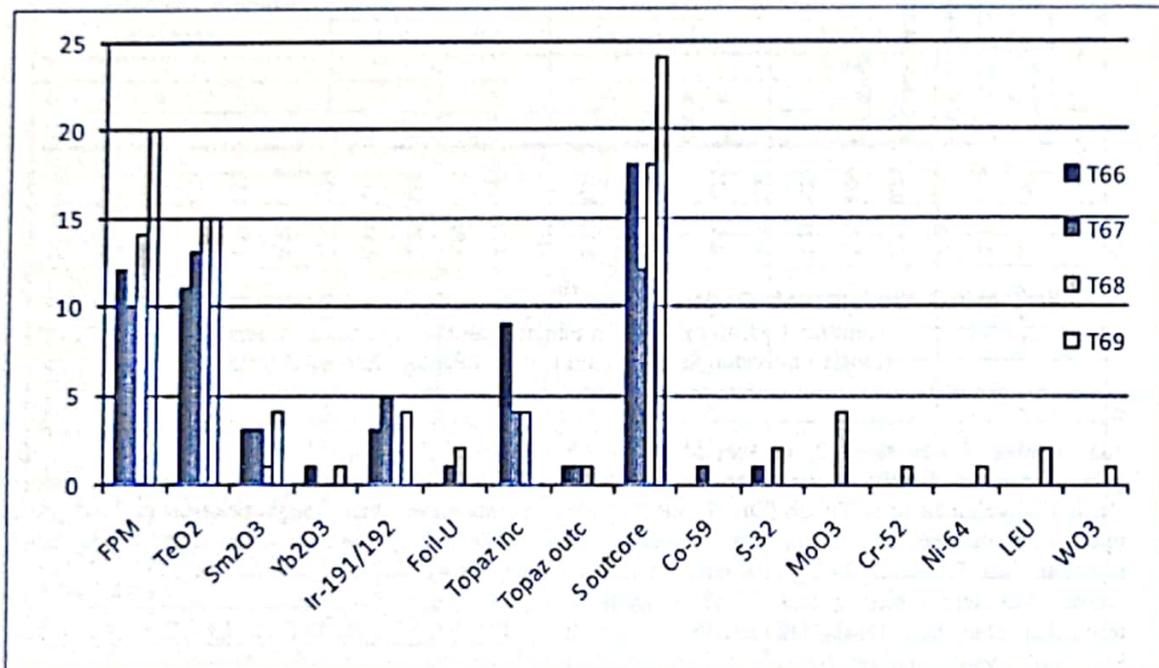
Untuk pemantauan dosis radiasi interna dengan peralatan WBC yang dilakukan di PTLR, untuk operasi teras 66 – 69, dapat dilihat pada tabel 4, dibawah ini.

Tabel 4. Data pemantauan dosis radiasi interna ( WBC ) pekerja radiasi RSG-GAS teras 66 – 69

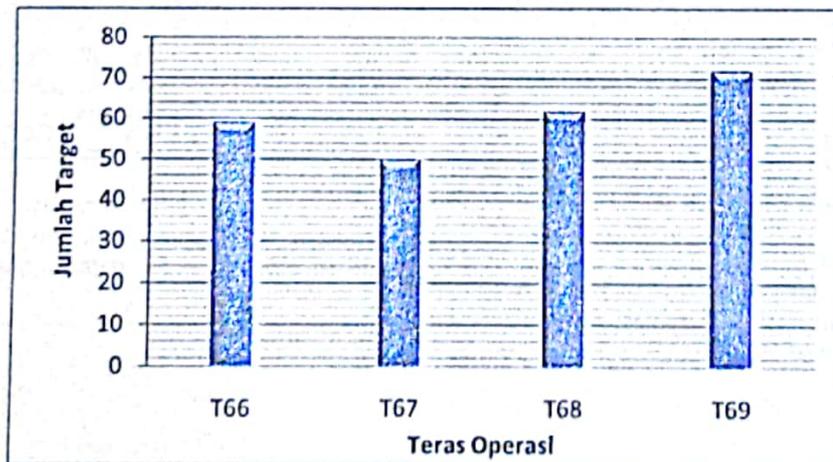
	Teras 66	Teras 67	Teras 68	Teras 69
BK	Ttd ( 6 )	Ttd ( 4 )	-	Ttd ( 7 )
BSR	Ttd ( 4 )	-	Ttd ( 7 )	Ttd ( 4 )
BOR	Ttd ( 16 )	Ttd ( 9 )	Ttd ( 6 )	Ttd ( 10 )

Pada tabel diatas, dapat dilihat untuk pekerja radiasi PRSG yang melakukan pemantauan, semuanya menunjukkan tidak terdeteksi adanya radionuklida dalam tubuhnya. Tidak terdeteksinya radionuklida pada pekerja radiasi di reaktor G.A.Siwabessy dikarenakan sedikit sekali dimungkinkan adanya kontaminasi interna.

Berbagai kegiatan pelayanan irradiasi di RSG-GAS pada teras 66 sampai dengan teras 69 adalah : FPM, TeO<sub>2</sub>, Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ir-191, Ir-192, Foil-U, Topas *in core*, Topas *out core*, Sampel *out core*, Co-59, S-32, MoO<sub>3</sub>, Cr-52, Ni-64, LEU, WO<sub>3</sub>. Jumlah kegiatan pelayanan irradiasi dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik jenis target Iradiasi terhadap jumlah irradiasi target



Gambar 5. Grafik jumlah irradiasi target pada operasi teras ( 66 – 69 )

Dari Grafik 4 dan Grafik 5 bisa dilihat bahwa setiap teras operasi RSG-GAS melakukan pelayanan iradiasi secara efisien. Target yang selalu ada, atau konsisten diiradiasi di teras adalah FPM, TeO<sub>2</sub>, Topaz, target tersebut diiradiasi di fasilitas luar teras. Jumlah target yang diiradiasi terbanyak dilakukan ketika operasi teras ke 69. Bila pemanfaatan iradiasi dibandingkan terhadap dosis radiasi yang diterima personil, maka Grafik 2 dapat evaluasi terhadap Grafik 5. Dari kedua grafik tersebut, jumlah target yang diiradiasi terhadap dosis tertinggi yang diterima pekerja radiasi Bidang Operasi Reaktor adalah sebanding. Distribusi penerimaan dosis pekerja radiasi pada bidang operasi reaktor lebih merata pada teras 69, dibandingkan pada teras lainnya. Hal ini terlihat pada kajian laporan periodik hasil pembacaan dosimeter perorangan pada teras 66 sampai dengan 69. Akan tetapi, ada pula kelainan yang terlihat pada tabel 1 dan gambar 5 pada teras 67, yang menunjukkan jumlah target paling sedikit dibandingkan dengan teras lainnya, tetapi nilai dosis tertinggi yang diterima pekerja radiasi lebih besar dibandingkan dengan pada teras 66 dan 68, dengan jumlah target yang lebih banyak, dan dosis tertinggi pada teras 67 ( 1,94 mSv) hampir sama dengan dosis tertinggi pada teras 69 ( 1.98 mSv ), yang mempunyai target iradiasi jauh lebih banyak. Dosis tersebut masih jauh dari Nilai Batas Dosis ( NBD ) yang diijinkan pada tiap teras yaitu 5,0 mSv .

## KESIMPULAN

1. Karyawan PRSG umumnya adalah pekerja radiasi, dan dalam segala kegiatannya selalu mematuhi prinsip-prinsip proteksi radiasi.
2. Dosis maksimum individu di Reaktor Serba Guna ( RSG ) G.a Siwabessy pada teras 66 – 69 sebesar 5,36 mSv.
3. Korelasi dari dosis pekerja radiasi terhadap jumlah target yang diiradiasi di teras merupakan keadaan yang saling terkait. Penerimaan dosis radiasi seorang pekerja radiasi tergantung kepada penerapan prinsip proteksi radiasi dalam penanganan target iradiasi tersebut.
4. Penerimaan dosis pekerja radiasi di RSG G.A. Siwabessy masih jauh dari Nilai Batas Dosis yang diijinkan yaitu 20 mSv/tahun

## DAFTAR PUSTAKA

1. *Basic Safety Standard 115 " International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, 1996.*
2. Keputusan Kepala Bapeten No.02P/Ka.BAPETEN/I-03 tentang Pedoman Sistem Pelayanan Pemantauan Dosis Eksternal Perorangan
3. PP.No.33 tahun 2007, tentang Ketentuan Kerja terhadap Keselamatan Radiasi
4. Pedoman Keselamatan dan Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong, 2009
5. PTLR, Laporan periodik hasil pembacaan dosimeter perorangan, 2009