

## PENGUKURAN DOSIS PEKERJA RADIASI PADA PERBAIKAN DETEKTOR JKT02 CX 811 DI RSG-GAS

*Mashudi, Rano Saputra, Suhartono*

### ABSTRAK

**PENGUKURAN DOSIS PEKERJA RADIASI PADA PERBAIKAN DETEKTOR JKT02 CX811 DI RSG-GAS.** Detektor JKT 02 CX811 adalah detektor neutron pada operasi daya menengah yang ditempatkan di dalam suatu *casing* yang terbuat dari paduan logam aluminium-timbel dan dipasang di dalam kolam reaktor. Pada September 2008, detektor mengalami kerusakan sehingga detektor beserta kabelnya harus dilepas dari *casing* untuk diperbaiki. Tulisan ini membahas pengendalian/ pemantauan paparan radiasi external dari 2 unit detektor yang sedang diperbaiki oleh pekerja radiasi. Pemantauan dilakukan dengan melakukan pengukuran dengan peralatan terkalibrasi yaitu survey meter RADIAGEM dan pen-dosimeter TERRA. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa detektor pertama masih mempunyai paparan yang sangat besar, pada jarak 100cm paparan radiasinya adalah 0,560mSv/jam. Detektor kedua mempunyai harga paparan 0,055mSv/jam. Diputuskan untuk menunda perbaikan detektor pertama dan hanya memperbaiki detektor kedua dengan menggunakan perisai radiasi. Harga dosis yang diterima pekerja diukur dengan pen-dosimeter TERRA adalah 0,0065 mSv/jam. Harga ini masih dibawah harga batas yang diijinkan yaitu 0,025mSv/jam.

### ABSTRACT

**MEASUREMENT OF RADIATION WORKER DOSES DURING REPARATION OF JKT02 CX811 OF THE GA SIWABESSY REACTOR.** *JKT 02 CX811. JKT02 CX811 is intermediate range neutron detector installed in aluminium thimbles within the reactor pool. Aluminium thimbles extend from the terminal boxes at the upper pool edge to the measuring positions outside the beryllium block reflector. In September 2008, the detector was repaired due to it impair from its function. The aim of this paper is to describe external radiation exposure monitoring of 2 unit JKT02 CX811 detectors being repaired by radiation workers. Monitoring has been performed using RADIAGEM survey meter and TERRA pen-dosimeter. From measurement result one can recognized that the first detector has still been covered of high radiation exposure. Its radiation exposure at 100 cm distance is about 0.560mSv/hour while the second detector has 0.055mSv/hour. Due to this reason it was decided to postpone the reparation of the first detector. Shielding to reduce radiation exposure has been used during reparation of the second detector. Direct measurement shown by TERRA pen-dosimeter prove that radiation doses received by radiation worker is 0,0065 mSv/ hour at which it is still below the safety limit of 0,025 mSv/ hour.*

## PENDAHULUAN

Detektor JKT 02 CX811 adalah detektor neutron pada operasi daya menengah yang ditempatkan di dalam suatu *casing* yang terbuat dari paduan logam aluminium-timbel dan dipasang di dalam kolam reaktor. Aluminium-timbel terpasang dari *terminal boxes* yang terletak di bagian atas kolam reaktor memanjang menuju titik pengukuran diluar *beryllium block reflector*. Apabila perlu perawatan atau ada kerusakan, detektor dan kabel detektor dapat dilepas/ diganti ketika reaktor sedang tidak beroperasi. Ada 2 unit detektor JKT 02 CX811 yang dipasang secara redundan di dalam kolam reaktor. Setiap unit/*channel* dirancang bahwa sinyal DC di transmisikan dari detektor ke kabinet elektrik neutron termal. Di dalam kabinet sinyal detektor diperkuat oleh *amplifier* untuk dilanjutkan ke *Reactor Protection System (RPS)* untuk pemrosesan lebih lanjut dan ke Ruang Kendali Utama (RKU) untuk ditampilkan.

Untuk mempertahankan unjuk kerjanya, setiap periode tertentu detektor JKT 02 CX811 beserta kabelnya dilepas dipindahkan dari casing untuk dirawat dan dilakukan uji fungsi. Selama perawatan/ perbaikan, paparan radiasi dari detektor harus diperhatikan dan dikendalikan agar pekerja radiasi tidak menerima dosis radiasi yang berlebihan yang akan mengganggu kesehatan dan keselamatan.

Paparan radiasi diklasifikasikan menjadi dua meliputi paparan radiasi *internal* dan paparan radiasi *external*. Tulisan ini membahas tentang pemantauan paparan radiasi *external* yang mengenai pekerja radiasi ketika sedang memperbaiki detektor pada September 2008. Pemantauan radiasi dilaksanakan dengan cara pengukuran dilanjutkan dengan pengkajian hasil pengukuran dengan tujuan mengkaji tingkat radiasi daerah kerja dan untuk mengkaji dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi sehingga potensi bahaya radiasi yang

kemungkinan diterima pekerja dapat dihindari.

Pengukuran paparan radiasi *external* yang ditimbulkan oleh detektor JKT 02 CX811 dilakukan dengan menggunakan survey meter RADIAGEM sedang pengukuran dosis radiasi para pekerja radiasi dilakukan dengan pen-dosimeter TERRA. Kedua alat tersebut secara periodik dikalibrasi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh badan pengawas (BAPETEN).

Batas dosis radiasi yang boleh diterima oleh pekerja radiasi adalah 0,025 mSv/ jam. Harga ini sesuai dengan harga yg direkomendasikan oleh *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*. Tiga parameter yang harus diperhatikan di dalam bekerja pada medan radiasi yaitu : jarak ke sumber radiasi, lama bekerja di medan radiasi dan *shielding* yang digunakan untuk menahan radiasi. Dengan memenuhi standar administrasi dan standar teknis bekerja di medan radiasi diharapkan dosis yang diterima oleh pekerja radiasi dapat ditekan sesuai dengan dosis ambang yang disyaratkan.

## DASAR-DASAR PROTEKSI RADIASI

Pekerja radiasi didalam gedung reaktor RSG-GAS memungkinkan terkena paparan radiasi akibat suatu pengoperasian reaktor, perbaikan (perawatan) alat yang telah menjadi sumber. Paparan radiasi yang dipantau dapat berupa paparan radiasi gamma, beta dan alpa serta neutron. Pemantauan paparan radiasi ini diperlukan untuk menentukan dosis perorangan dan untuk mengontrol penyebaran kontaminasi dan masuknya bahan radioaktif ke dalam tubuh.

Jenis paparan radioaktif terdiri dari lima jenis radiasi pengion. Partikel alfa, partikel beta, sinar gamma, sinar-X dan neutron. Jenis-jenis radiasi tersebut dapat dibedakan oleh karakteristik fisiknya seperti massa, panjang gelombang yang akan diuraikan di bawah:

### 1. Sifat paparan radiasi alpha

- Partikel alpha berupa inti helium dan bermuatan listrik positif sebesar dua kali muatan elektron.
- Daya ionisasi partikel alpha sangat besar  $\pm 100$  kali daya ionisasi sinar beta dan  $\pm 10.000$  kali daya ionisasi sinar gamma.
- Oleh karena daya ionisasi partikel alpha sangat besar maka jarak jangkauannya di udara  $\pm 3,4$  Cm hingga 8,6 Cm bergantung pada energi alpha.
- Karena bermuatan listrik maka berkas partikel alpha akan dibelokkan jika melewati medan magnet atau medan listrik.
- Partikel alpha dipancarkan dari nuklida dengan kecepatan yang bervariasi antara 1/10 hingga 1/100 kecepatan cahaya.

### 2. Sifat paparan radiasi beta

- Dapat dibedakan menjadi dua macam sinar beta, yaitu beta negatif yang terdiri dari elektron dan beta positif yang terdiri dari positron.
- Daya ionisasinya diudara 1/100 kali daya ionisasi partikel alpha.
- Kecepatan partikel beta yang dipancarkan oleh berbagai nuklida radioaktif terletak antara 1/100 hingga 99/100 kecepatan cahaya.
- Karena sangat ringan, maka partikel beta mudah sekali dihamburkan jika melewati medium.
- Partikel beta akan dibelokkan jika melewati medan magnet atau medan listrik.

### 3. Sifat paparan radiasi gamma

- Sinar gamma adalah radiasi elektromagnetik terdiri dari foton yang energinya besar.
- Sinar gamma dipancarkan dari nuklida tereksitasi dengan panjang gelombang antara 0,005 Amstrong hingga 0,5 Amstrong.
- Daya ionisasinya di dalam medium sangat kecil sehingga daya tembusnya sangat

besar dibandingkan dengan daya tembus partikel alpha atau partikel beta.

- Kemampuannya untuk menghasilkan fluoresensi dan menghitamkan pelat potret lebih besar dibandingkan dengan daya tembus partikel alpha atau partikel beta.

Dalam pengendalian perbaikan detektor neutron JKT02 CX811 ada tiga faktor yang harus dilakukan yaitu:

- Factor jarak
- Faktor waktu
- Faktor penahan radiasi

#### 1. Faktor Jarak

Di dalam perhitungan faktor jarak ada beberapa bagian yang perlu diperhatikan antara lain paparan radiasi berkurang dengan bertambahnya jarak dari sumber radiasi, maka laju paparan radiasi pada jarak  $r$  dari sumber ini berbanding terbalik dengan kuadrat jarak.

Untuk mengatasi penerimaan dosis radiasi dalam pekerjaan, maka harus diusahakan berada pada jarak yang sejauh mungkin. Apabila tidak diperlukan maka janganlah berada dekat sumber radiasi.

$$\text{Rumus } d_1 \times X_1^2 = d_2 \times X_2^2 \quad (1)$$

$d_1$  = laju dosis pada jarak  $X_1$ , dalam satuan Sv/h

$d_2$  = laju dosis pada jarak  $X_2$ , dalam satuan Sv/h

$X$  = dalam satuan meter

#### 2. Faktor Waktu

Didalam perhitungan faktor waktu ada beberapa bagian yang perlu diperhatikan antara paparan radiasi berkurang dengan bertambah cepatnya waktu yang dipergunakan untuk berada dekat dengan sumber radiasi. Untuk mengatasi penerimaan dosis radiasi dalam pekerjaan, maka harus diusahakan berada pada waktu yang sesingkat-singkatnya. Apabila tidak diperlukan maka janganlah berada dekat

sumber radiasi. Dosis radiasi yang diterima pada waktu t dapat dihitung dengan rumus

$$D = d \times t, \text{ dalam satuan Sv} \quad (2)$$

dimana:

D = Dosis total, dalam satuan Sv

d = Laju dosis, dalam satuan Sv/h

t = Waktu penyinaran, dalam satuan jam

### 3. Faktor Penahan Radiasi

Laju dosis dapat dikurangi dengan memasang penahan radiasi diantara sumber radiasi dengan pekerja radiasi. Dengan cara ini maka pekerja radiasi dapat bekerja pada

jarak yang tidak terlalu jauh dari sumber radiasi dengan dosis yang tidak melebihi batas yang ditetapkan. Tebal dan jenis bahan penahan yang diperlukan bergantung pada jenis dan energi radiasi, aktivitas sumber, dan laju dosis yang diinginkan setelah radiasi menembus penahan.

Tabel 1. menunjukkan Nilai Batas Dosis (NBD) menurut rekomendasi dari IAEA yang berlaku. NBD 20 mSv/tahun sudah banyak digunakan oleh sebagian anggota IAEA. BATAN sampai saat ini masih menggunakan NBD 50 mSv/tahun karena BATAN masih mengacu pada SK .BAPETEN No. 01/SK/BAPETEN/V-99.

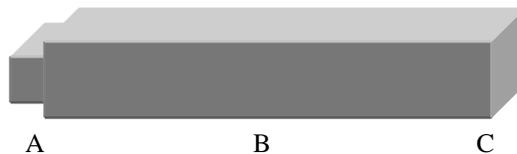
Tabel 1. Nilai Batas Dosis Pekerja Radiasi berdasar IAEA

No	Batas dosis	NBD (mSv/tahun)	Keterangan
<b>Dewasa</b>			
1.	Seluruh tubuh	20	
2.	Lensa mata	150	
3.	Tangan, lengan, kaki dan tungkai	500	
4.	Kulit	500	
5.	Setiap organ atau jaringan	500	
<b>Batasan khusus</b>			
1.	Wanita hamil	13	Pada abdomen selama 3 bulan sama dengan pekerja radiasi
2.	Magang dan Siswa diatas 18 tahun (siswa antara 16-18 tahun)	6	
3.	Masyarakat umum	1	

### TATA KERJA

Pengukuran paparan radiasi pada perbaikan detektor JKT 02 CX 811 dilakukan dengan menggunakan survey meter RADIAGEM dan pada personil digunakan pen-dosimeter TERRA sebagai pengukur dosis yang diterima oleh para pekerja radiasi. Survey meter dan pen-dosimeter secara periodik dikalibrasi sesuai dengan persyaratan BAPETEN.

1. Pengukuran paparan radiasi dilakukan pada bagian ujung depan, tengah dan ujung belakang detektor;



2. Dilakukan pengukuran pada jarak yang berbeda pada tiap bagian detektor;
3. Mencatat data hasil pengukuran;
4. Analisa hasil pengukuran dan perhitungan.

**DATA HASIL PENGUKURAN DETEKTOR JKT 02 CX811**

Pada perbaikan detektor JKT 02 CX811 dilakukan pengukuran pada dua buah detektor yang masing-masing memiliki paparan radiasi yang berbeda. Detektor JKT 02 CX811 pertama adalah detektor yang

belum lama dikeluarkan dari kolam reaktor dan detektor kedua adalah detektor yang telah kurang lebih setahun dikeluarkan dari kolam reaktor, sehingga didapatkan hasil pengukuran yang berbeda. Dari pengukuran paparan radiasi pada detektor JKT 02 CX 811 pertama didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Data pengukuran paparan radiasi detektor JKT 02 CX811 pertama

Jarak	A	B	C
10 cm	22,000 mSv/jam	9,520 mSv/jam	8,000 mSv/jam
20 cm	9,280 mSv/jam	6,200 mSv/jam	4,320 mSv/jam
30 cm	4,720 mSv/jam	3,530 mSv/jam	2,730 mSv/jam
50 cm	2,570 mSv/jam	2,200 mSv/jam	1,790 mSv/jam
80 cm	1,770 mSv/jam	1,580 mSv/jam	1,460 mSv/jam
100 cm	0,568 mSv/jam	0,623 mSv/jam	0,593 mSv/jam

Dari pengukuran paparan radiasi pada detektor JKT 02 CX 811 kedua didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 3. Data pengukuran paparan radiasi detektor JKT 02 CX811 kedua

Jarak	A	B	C
10 cm	4,200 mSv/jam	2,800 mSv/jam	0,740 mSv/jam
20 cm	0,240 mSv/jam	0,246 mSv/jam	0,170 mSv/jam
30 cm	0,155 mSv/jam	0,155 mSv/jam	0,148 mSv/jam
50 cm	0,075 mSv/jam	0,071 mSv/jam	0,060 mSv/jam
80 cm	0,058 mSv/jam	0,064 mSv/jam	0,069 mSv/jam
100 cm	55,000 μSv/jam	0,056 mSv/jam	0,059 mSv/jam

**PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA**

**Detektor pertama**

Dari data pengukuran pada tabel 2 dengan menggunakan prinsip proteksi radiasi eksternal secara dapat dihitung paparan yang diterima oleh para pekerja radiasi. Dengan mengasumsikan hasil pengukuran laju paparan pada jarak 10 cm sebagai acuan yaitu 22 mSv/h; 9,52 mSv/h; 8 mSv/h, hasil perhitungan laju paparan radiasi adalah sebagai berikut.

Rumus jarak terhadap laju paparan radiasi :

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Dimana:

X<sub>1</sub> adalah laju paparan radiasi hasil pengukuran

X<sub>2</sub> adalah laju paparan radiasi yang dicari pada jarak tertentu

d<sub>1</sub> adalah jarak pada laju paparan hasil pengukuran

d<sub>2</sub> adalah jarak pada titik yang akan dihitung

$X_1 = 22$  mSv/h pada posisi A  
 $X_1 = 9,52$  mSv/h pada posisi B  
 $X_1 = 8$  mSv/h pada posisi C

$$\frac{9,52}{X_2} = \frac{20^2}{10^2}$$

$$X_2 = \frac{9,52 \times 100}{400} = 2,38 \text{ mSv/h}$$

**Pada jarak 20 cm**

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

$$\frac{22}{X_2} = \frac{20^2}{10^2}$$

$$X_2 = \frac{22 \times 100}{400} = 5,5 \text{ mSv/h}$$

$$\frac{8}{X_2} = \frac{20^2}{10^2}$$

$$X_2 = \frac{8 \times 100}{400} = 2 \text{ mSv/h}$$

Dengan cara yang sama pada jarak 30cm, 50 cm, 80cm dan 100cm hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data perhitungan paparan radiasi untuk detektor JKT 02 CX811 pertama

Jarak	Posisi A	Posisi B	Posisi C
20 cm	5,500 mSv/jam	2,380 mSv/jam	2,000 mSv/jam
30 cm	2,440 mSv/jam	1,060 mSv/jam	0,890 mSv/jam
50 cm	0,880 mSv/jam	0,381 mSv/jam	0,320 mSv/jam
80 cm	0,340 mSv/jam	0,150 mSv/jam	0,125 mSv/jam
100 cm	0,220 mSv/jam	0,095 mSv/jam	0,080 mSv/jam

Tabel 5. Data antara laju paparan hasil pengukuran dan perhitungan detektor pertama

Jarak (cm)	Posisi A		Posisi B		Posisi C	
	Pengukuran (mSv/jam)	Perhitungan (mSv/jam)	Pengukuran (mSv/jam)	Perhitungan (mSv/jam)	Pengukuran (mSv/jam)	Perhitungan (mSv/jam)
20	9,28	5,5	6,2	2,38	4,32	2
30	4,72	2,44	3,53	1,06	2,73	0,89
50	2,57	0,88	2,2	0,3808	1,79	0,32
80	1,77	0,34	1,58	0,15	1,46	0,125
100	0,568	0,22	0,623	0,0952	0,593	0,08

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai paparan radiasi seperti data di atas. Dari data tersebut dapat dianalisa bahwa hasil perhitungan paparan radiasi lebih kecil di bandingkan dengan paparan hasil pengukuran langsung.

#### Detektor kedua

Dengan menggunakan metoda perhitungan seperti metoda perhitungan pada detektor pertama, didapat hasil seperti ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Data perhitungan paparan radiasi untuk detektor JKT 02 CX811 kedua

Jarak	Posisi A	Posisi B	Posisi C
20 cm	1,050 mSv/jam	0,700 mSv/jam	0,185 mSv/jam
30 cm	0,467 mSv/jam	0,311 mSv/jam	0,082 mSv/jam
50 cm	0,168 mSv/jam	0,132 mSv/jam	0,296 mSv/jam
80 cm	0,066 mSv/jam	0,044 mSv/jam	0,116 mSv/jam
100 cm	0,042 mSv/jam	0,028 mSv/jam	0,074 mSv/jam

Tabel 7. Data antara laju paparan hasil pengukuran dan perhitungan detektor kedua

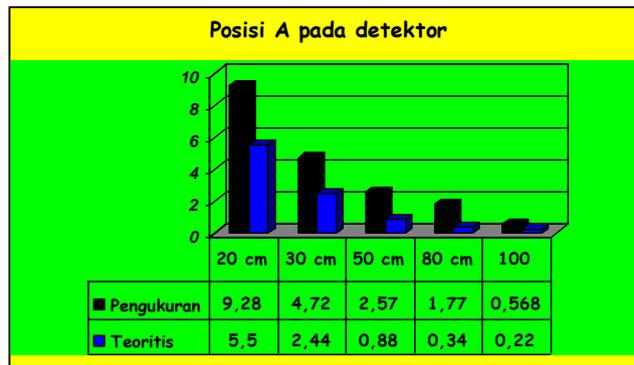
Jarak (cm)	Posisi A		Posisi B		Posisi C	
	Pengukuran (mSv/jam)	Perhitungan (mSv/jam)	Pengukuran (mSv/jam)	Perhitungan (mSv/jam)	Pengukuran (mSv/jam)	Perhitungan (mSv/jam)
20	0,240	1,050	0,246	0,700	0,170	0,185
30	0,155	0,467	0,155	0,311	0,148	0,082
50	0,075	0,168	0,071	0,132	0,060	0,296
80	0,058	0,066	0,064	0,044	0,069	0,116
100	0,055	0,042	0,06	0,028	0,059	0,074

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa untuk detektor pertama nilai perhitungan lebih kecil dari nilai pengukuran, sedangkan untuk detektor kedua nilai perhitungan lebih besar dari nilai pengukuran. Dengan pertimbangan konservatif, perhitungan lama bekerja pekerja radiasi untuk detektor pertama mengacu kepada paparan yang lebih besar yaitu hasil pengukuran, sedangkan untuk detektor kedua perhitungan lama bekerja mengacu kepada hasil perhitungan.

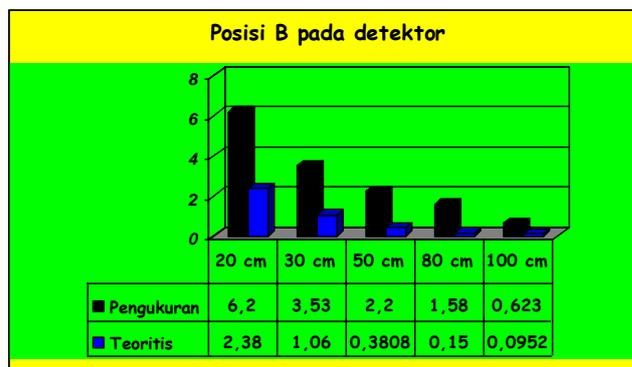
Pada tabel 5 posisi A (detektor pertama), jarak pengukuran 20 cm nilai hasil pengukuran adalah 9,28 mSv/jam. Dengan mengacu kepada persyaratan bekerja di medan radiasi yaitu 0,025mSv/jam maka pekerja radiasi dapat bekerja di area radiasi tersebut selama 0,16 menit. Pada posisi B pada jarak pengukuran 20 cm nilai hasil perhitungan adalah 6,2 mSv/jam maka

pekerja radiasi dapat bekerja di area radiasi tersebut selama 0,24 menit, dan pada posisi C pada jarak pengukuran 20 cm nilai hasil perhitungan adalah 4,32 mSv/jam maka pekerja radiasi dapat bekerja di area radiasi tersebut selama 0,35 menit.

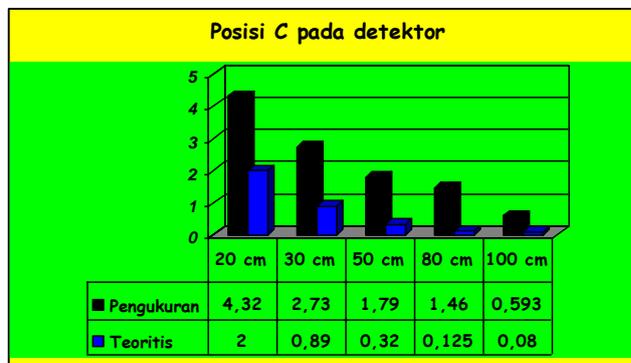
Nilai pengukuran ini didapatkan dengan menggunakan survey meter RADIAGEM digital yang terkalibrasi. Pengukuran ini dilakukan secara cepat sehingga nilai yang diambil adalah nilai maksimum yang terdeteksi oleh RADIAGEM. Menurut SK Bapeten No. 01/SK/BAPETEN/V-99 tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi, bahwa pekerja radiasi boleh bekerja selama 0,025 mSv/jam. Masing-masing perbandingan antara pengukuran dan hasil perhitungan dapat dilihat pada grafik 1,2 dan 3 dibawah ini.



Grafik 1. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan pada posisi A



Grafik 2. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan pada posisi B



Grafik 3. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan pada posisi C

Perbedaan yang terjadi dari hasil pengukuran dan perhitungan terhadap paparan radiasi ini diakibatkan:

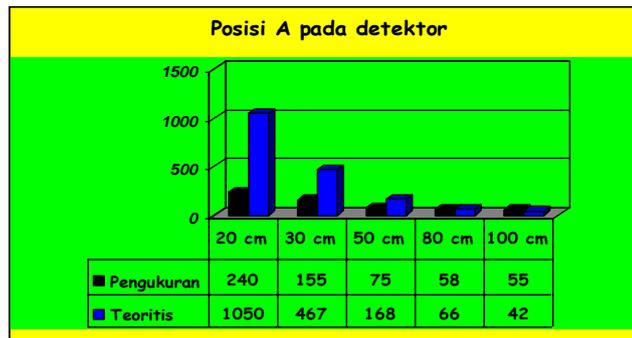
1. Diperlukan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil pengukuran paparan radiasi yang konstan.

2. Posisi alat ukur yang berubah-ubah mempengaruhi hasil pengukuran.
3. Hasil pengukuran dipengaruhi situasi dimana pengukuran tersebut dilakukan.
4. Tingkat akurasi alat ukur.
5. Kesalahan dalam pengambilan dan pengolahan data.

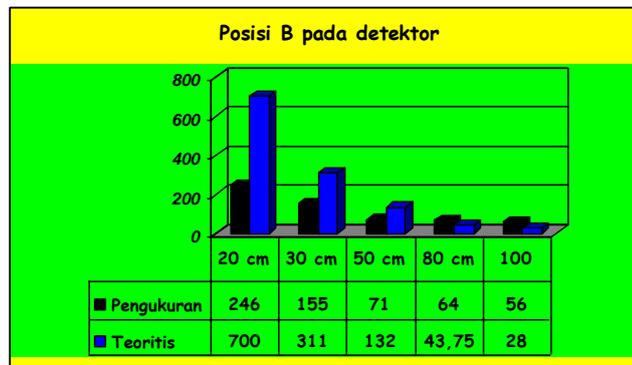
Pada tabel 7 (detektor kedua) posisi A dapat dilihat bahwa pada jarak pengukuran **100 cm** nilai hasil pengukuran adalah **0,055 mSv/jam** maka pekerja radiasi dapat bekerja di area

radiasi tersebut selama **27,27 menit**. Pada posisi B pada jarak pengukuran **80 cm** nilai hasil pengukuran adalah **0,064 mSv/jam** maka pekerja radiasi dapat bekerja di area radiasi tersebut selama **23,45 menit** dan pada posisi C pada jarak pengukuran **20 cm** hasil pengukuran adalah **1,050 mSv/jam** maka pekerja radiasi dapat bekerja di area radiasi tersebut selama **1,43 menit**

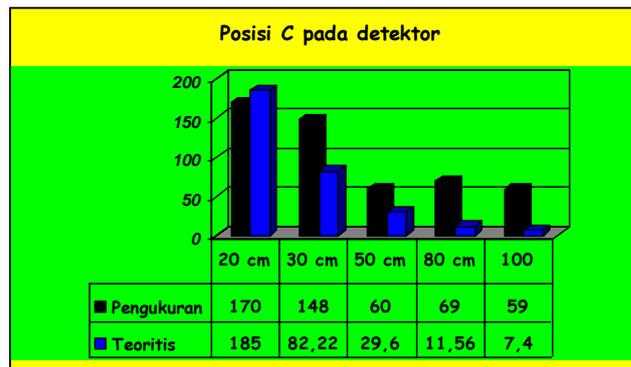
Masing-masing perbandingan antara pengukuran dan hasil perhitungan dapat dilihat pada grafik 4, 5 dan 6 dibawah.



Grafik 4. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan teoritis pada posisi A



Grafik 5. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan teoritis pada posisi B



Grafik 6. Perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan teoritis pada posisi C

Dari hasil perhitungan paparan radiasi dari kedua detektor (dengan tidak memasukkan faktor perisai radiasi) dapat diketahui bahwa paparan radiasi detektor pertama masih sangat tinggi dimana pekerja radiasi hanya dapat bekerja dalam waktu yang sangat singkat sekali. Pada jarak 20 cm paparan radiasinya adalah 9,28 mSv, sehingga waktu yang diperbolehkan untuk bekerja adalah 0,16 menit. Sedangkan pada jarak 100 cm paparan radiasinya adalah 0,568 mSv dan lama waktu yang aman untuk bekerja adalah 2,64 menit.

Hasil perhitungan detektor kedua menunjukkan bahwa paparan radiasi pada jarak 20 cm adalah 1,050mSv, lama waktu yang aman untuk bekerja adalah 1,43 menit. Pada jarak 100cm, paparan radiasi adalah 0,055mSv dan lama waktu bekerja yang aman adalah 27,27 menit.

Dari hasil analisis tersebut diputuskan bahwa detektor pertama sehingga pekerja radiasi pada perbaikan detektor kedua ini dosis akumulatif yang diterima oleh pekerja radiasi tidak menerima paparan yang berlebihan.

Dengan menggunakan perisai radiasi dan memperhatikan faktor jarak, pekerja radiasi kemudian melakukan perbaikan pada detektor kedua. Dengan menggunakan alat ukur pen-dosimeter TERRA, dosis akumulatif yang terukur adalah sebesar 0,0065 mSv. Alat ukur ini terpasang pada pekerja yang sebelumnya telah disetting pada

mode dosis yang diterima. Dari nilai dosis akumulasi yang terukur tersebut dapat disimpulkan bahwa dosis yang diterima oleh pekerja radiasi masih dibawah ambang batas yang diijinkan yaitu 0,025 mSv/jam.

#### KESIMPULAN DAB SARAN

Dari hasil kegiatan pengukuran paparan radiasi dalam perbaikan detektor JKT02 CX811 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan memantau paparan radiasi external, , dapat diketahui bahwa paparan radiasi detektor JKT 02 CX811 pertama masih cukup besar sehingga dapat diputuskan untuk menunda tindakan perbaikan. Potensi bahaya radiasi yang dapat mengenai pekerja radiasi dapat dihindari.
2. Dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi yang memperbaiki detektor JKT 02 CX811 kedua sebesar  $0,0065 \pm 0,0005$  mSv, harga ini tidak melampaui nilai batas yang diijinkan yaitu 0,025 mSv/h
3. Detektor JKT 02 CX811 dapat digunakan kembali sehingga kelancaran beroperasinya reaktor berjalan sesuai jadwal.

Adapun saran yang disampaikan adalah sebagai berikut

1. Disarankan agar ada ruangan khusus untuk tempat melakukan perbaikan JKT.
2. Disarankan agar alat-alat yang digunakan hanya khusus untuk perbaikan detektor

JKT dan alat-alat yang telah dilakukan untuk perbaikan detektor di sterilkan agar tidak membahayakan bagi para pekerja radiasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA, Safety Series No. 115, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Vienna, 1996.
2. Recommendation of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Annals of the ICRP vol. 21 No. 1 – 3, Pergamon Press, Oxford, 1991.
3. SK. BAPETEN No: 01/SK/BAPETEN/V-99 Tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, Jakarta, 1999
4. Groth, S. Lasting Benefits, Nuclear application in health care, *IAEA Bulletin*, p. 33-40. Vienna, Austria, March 2000
5. PP No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif