

---

## EVALUASI PENGUKURAN RADIOAKTIVITAS ALPHA DAN BETA DI PERMUKAAN LANTAI INSTALASI RADIOMETALURGI TAHUN 2009

Endang Sukesi, Sudaryati, Budi Prayitno  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

**EVALUASI PENGUKURAN RADIOAKTIVITAS ALPHA DAN BETA DI PERMUKAAN LANTAI INSTALASI RADIOMETALURGI TAHUN 2009.** Telah dilakukan evaluasi pengukuran radioaktivitas alpha ( $\alpha$ ) dan beta ( $\beta$ ) di permukaan lantai instalasi radiometalurgi Tahun 2009. Tujuan dari kegiatan ini agar pekerja radiasi yang bekerja di Instalasi Radiometalurgi (IRM) terhindar dari bahaya radiasi dan kontaminasi. Pengukuran dilakukan secara kuantitatif dengan *Portable Scaler Ratemeter-8* (PSR-8) yang dilengkapi dengan detektor  $\alpha$  dan  $\beta$  dan kualitatif dengan MCA. Tes usap dilakukan pada permukaan lantai seluas 100 cm<sup>2</sup> dengan mempergunakan kertas filter berdiameter 5,2 cm. Daerah yang diukur adalah lantai ruang : R.135, R.136, R.140 dan R.143. Hasilnya menunjukkan untuk lantai R.135 radioaktivitas  $\alpha$  sebesar = (0,026 $\pm$ 0,018) Bq/cm<sup>2</sup>, R.136 = (0,025 $\pm$ 0,024) Bq/cm<sup>2</sup>, R.140 = (0,038 $\pm$ 0,037) Bq/cm<sup>2</sup>, R.143 = (0,034 $\pm$ 0,049) Bq/cm<sup>2</sup> dan untuk lantai R.135 radioaktivitas  $\beta$  sebesar = (0,034 $\pm$ 0,049) Bq/cm<sup>2</sup>, R.136 = (0,604 $\pm$ 1,886) Bq/cm<sup>2</sup>, R.140 = (0,057 $\pm$ 0,051) Bq/cm<sup>2</sup>, R.143 = (0,118 $\pm$ 0,125) Bq/cm<sup>2</sup>. Hasil analisis secara kualitatif menunjukkan radionuklida yang terdapat di lantai berupa nuklida dari alam yaitu : Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40. Hasil dari pengukuran ini secara keseluruhan berada di bawah batasan yang diijinkan.

**Kata kunci :** radiasi dan kontaminasi, radioaktivitas, tes usap.

### PENDAHULUAN

Sejak Instalasi Radiometalurgi (IRM) diresmikan pada tanggal 12 Desember 1990 telah beberapa kali melakukan uji pasca iradiasi. Uji pasca iradiasi pertama kali dilakukan tahun 1993 dan untuk pertama kali elemen bakar bekas jenis U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> masuk ke dalam bilik panas IRM pada tanggal 23 Januari 1993. IRM merupakan salah satu instalasi nuklir yang berada di bawah pengelolaan Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) dan mampu melaksanakan kegiatan uji pasca iradiasi (UPI) berbagai bahan bakar, bahan struktur serta komponen reaktor. Pelaksanaan kegiatan UPI di IRM dilengkapi 12 bilik panas yang terdiri dari 3 bilik beton berat dan 9 bilik baja. Bilik beton berat dimulai dari bilik ZG 101 s.d. ZG 103 dan bilik baja dimulai dari bilik ZG 104 s.d. ZG 112<sup>[1]</sup>.

Berkenaan dengan pelaksanaan kegiatan di laboratorium IRM sangat dimungkinkan terjadinya kontaminasi zat radioaktif di udara, paparan radioaktif yang melebihi batasan, limbah padat dan cair, kontaminasi dipermukaan lantai. Kejadian yang tidak diharapkan tersebut, oleh bidang keselamatan PTBN harus dicegah sedini mungkin. Sesuai dengan UU no. 10 tahun 1997 tentang ketenaganukliran pasal 16 berbunyi : Setiap kegiatan yang berkaitan dengan pemanfaatan tenaga nuklir wajib

memperhatikan keselamatan, keamanan dan ketentraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat serta perlindungan terhadap lingkungan hidup<sup>[2]</sup>. Dengan adanya UU no. 10 tahun 1997 ini, segala mengenai ketentuan di atas diatur lebih lanjut oleh peraturan-peraturan pemerintah dan ditetapkan oleh surat keputusan kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), diantaranya tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi.

Pembagian ruangan di Laboratorium IRM berdasarkan zona radiasi ditentukan 4 zona daerah kerja yaitu<sup>[1]</sup>:

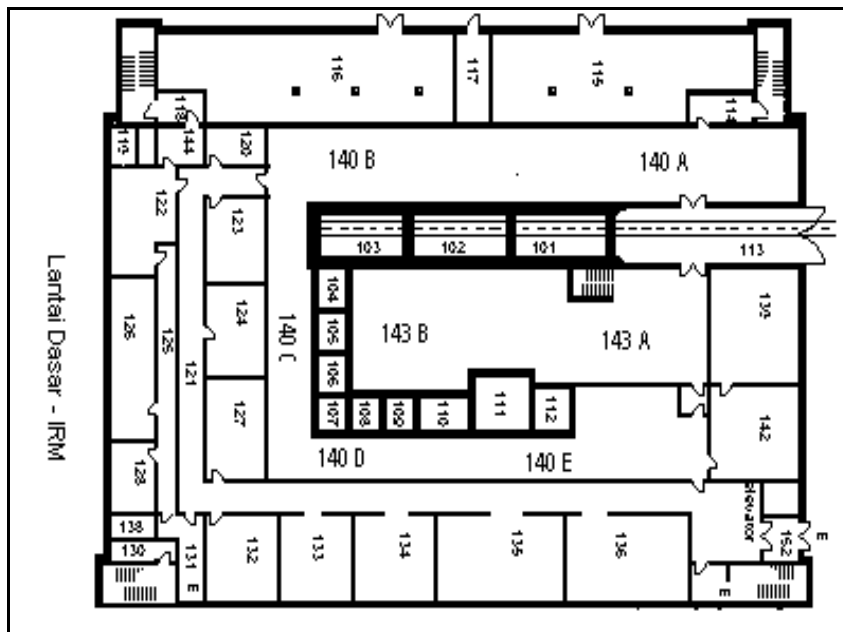
1. Zona I (area tidak aktif) yaitu ruang-ruang kantor dengan tekanan negatif 1–50 pa.
2. Zona II Dosis < 25  $\mu\text{Sv/jam}$  (area radiasi rendah) yaitu laboratorium dan daerah operasi sel panas/*operating area* dengan tekanan negatif 70 – 100 pa.
3. Zona III  $25 \leq \text{Dosis} \leq 3000 \mu\text{Sv/jam}$  (area radiasi sedang) yaitu daerah *service area*, ruang penyimpanan limbah, *decoshop* dengan tekanan negatif 120 – 150 pa.
4. Zona IV Dosis > 3000  $\mu\text{Sv/jam}$  (area radiasi tinggi) yaitu sel beton dan sel baja dengan tekanan negatif > 250 pa.

Untuk pembagian daerah kontaminasi di permukaan daerah kerja terbagi atas tiga bagian yaitu : kontaminasi rendah, sedang dan tinggi. Daerah kontaminasi rendah, lebih kecil dari  $0,37 \text{ Bq/cm}^2$  untuk pemancar  $\alpha$ , untuk  $\beta$  lebih kecil dari  $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ . Daerah kontaminasi sedang, untuk pemancar  $\alpha \geq 0,37 \text{ Bq/cm}^2$  tetapi <  $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ , untuk pemancar  $\beta > 3,7 \text{ Bq/cm}^2$  tetapi <  $37 \text{ Bq/cm}^2$ . Daerah kontaminasi tinggi, batasan untuk  $\alpha \geq 3,7 \text{ Bq/cm}^2$  dan untuk  $\beta > 37 \text{ Bq/cm}^2$ <sup>[3]</sup>.

Pengukuran radiasi  $\alpha$  dan  $\beta$  di permukaan lantai dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara pengukuran langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung sangat praktis karena hasil ukur langsung terbaca di skala bacaan detektor yang digunakan. Namun demikian adakalanya tidak dapat dilakukan pengukuran secara langsung. Hal ini disebabkan benda/lantai yang terkontaminasi tersebut tidak memungkinkan untuk diukur radioaktivitas di permukaan secara langsung. Pengukuran radioaktivitas di permukaan lantai secara tidak langsung atau biasa disebut juga dengan tes usap (*smear test*) sering dilakukan di instalasi nuklir. Kelemahan dalam pelaksanaan tes usap diantaranya hasil dari pengukurannya tidak begitu akurat karena fraksi yang terangkat dalam tes usap sangat dipengaruhi banyak faktor. Faktor yang paling dominan adalah cara petugas yang melaksanakan tes usap, jenis kontaminan dan jenis kertas usap yang dipakai. Disamping itu pengambilan tes usap sifatnya tidak bisa diulang (*reproductsible*). Jenis lantai licin nilai fraksi/prosentasi kontaminan yang

terangkat besarnya sekitar 10% <sup>[4]</sup>. Faktor-faktor yang mempengaruhi harga prosentase kontaminan yang terangkat ini diantaranya cara pengambilan, jenis kontaminan padat/cair, jenis kertas usap, diameter kontaminan dan faktor kelembaban ruangan tersebut. Kertas filter bekas usapan tersebut selain dapat diketahui besarnya radioaktivitas pada permukaannya juga dapat diketahui jenis radionuklida kontaminan dengan bantuan alat *Multy Channel Analyzer (MCA)*.

Daerah pengukuran radioaktivitas  $\alpha$  dan  $\beta$  di permukaan lantai dipilih berdasarkan pertimbangan keperluan keselamatan pekerja radiasi paling sering bekerja di ruangan tersebut, yaitu zona II yang meliputi lantai ruang 135, 136, 140 dan zona III yang meliputi ruang 143. Gambar lokasi pengukuran radioaktif di permukaan lantai dapat dilihat pada Gambar-1.



Gambar-1 : Denah Lokasi Pengukuran Radiasi  $\alpha$  Dan  $\beta$  Di Permukaan Lantai IRM R.135, R.136, R.140 (*Operating Area*) Dan R. 143 (*Service Area*)

Dalam makalah ini akan dibahas mengenai pengukuran radioaktivitas  $\alpha$  dan  $\beta$  di permukaan lantai dengan metode tes usap. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui tingkat radioaktivitas  $\alpha$  dan  $\beta$  di permukaan lantai daerah kerja di IRM secara kuantitatif dan secara kualitatif untuk mengetahui radionuklidanya. Dengan diketahuinya tingkat radioaktivitas ini dapat dijadikan sebagai informasi untuk pencegahan terhadap bahaya radiasi dan kontaminasi bagi pekerja radiasi yang bekerja di IRM.

## METODOLOGI

### Bahan dan alat

Bahan yang dipersiapkan adalah lembar pengambilan sampling tes usap permukaan lantai yang meliputi tanggal, bulan, tahun dan hari pengambilan cuplikan, kertas filter berdiameter 5,2 cm untuk tes usap dan pengusap untuk merekatkan kertas filter. Alat cacah yang akan dipakai *Portable Scaler Ratemeter-8* (PSR-8) dengan jenis detektor yang digunakan detektor sintilasi, diperiksa masa kalibrasi, sumber listrik dan kestabilan alat. Selanjutnya dilakukan uji petik terhadap sampling tes usap dan dianalisa radionuklidanya dengan Multy Channel Analyzer (MCA).

### Pengambilan sampling tes usap

Terlebih dahulu ditentukan titik-titik lokasi pengambilan kontaminasi seluas 100 cm<sup>2</sup>. Kertas filter berdiameter 5,2 cm untuk test usap yang telah diketahui cacah latarnya diusapkan searah jarum jam pada titik pengusapan yang telah ditentukan seluas 100 cm<sup>2</sup> sebanyak satu kali usapan. Selanjutnya kertas filter hasil usapan dimasukkan ke dalam kantong plastik/cawan petri yang telah diber tanda tempat pengambilan cuplikan. Kertas filter tersebut dibawa ke alat pencacahan untuk diproses lebih lanjut. Pengambilan sampling tes usap dilakukan minimal 1 (satu) kali dalam seminggu. Pengambilan sampling tes usap dalam satu ruangan dilakukan pada titik-titik yang berpotensi terjadinya kontaminasi permukaan pada lantai ruangan laboratorium.

### Pencacahan radioaktif $\alpha$ dan $\beta$ sampling tes usap menggunakan PSR - 8

Kertas filter tersebut dicacah dengan alat cacah PSR - 8 yang tersedia (tanpa penundaan) selama 1 menit, minimal sebanyak tiga kali pencacahan. Kemudian hasil cacahan tersebut dirata-rata dan dikurangi dengan cacah latar. Langkah berikutnya dihitung besarnya aktivitas radioaktif  $\alpha$  dan  $\beta$  di permukaan lantai dengan menggunakan persamaan <sup>[4]</sup> :

$$A_k = \frac{N - A}{P \cdot E} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- A<sub>k</sub> = aktivitas radioaktif  $\alpha$  dalam satuan Bq/Cm<sup>2</sup>
- N = cacah netto cuplikan dalam satuan cacah/menit (cps)
- A = luas permukaan yang di usap dalam satuan 100 Cm<sup>2</sup>
- E = efisiensi alat cacah untuk detektor alpha sebesar 21,34% dan untuk detektor beta sebesar 22,06%)
- P = fraksi yang diambil dalam tes usap (10%)

Hasil akhir pengukuran dituliskan dalam bentuk :

$$\bar{A} \pm s_{\bar{A}} \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

Ralat pengukuran radioaktivitas  $\alpha$ ,  $\beta$  diambil dari standar deviasi dengan persamaan <sup>[5]</sup> :

$$s_{\bar{A}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

$s_{\bar{A}}$  = standar deviasi

$\bar{A}$  = radioaktivitas rata-rata

$n$  = jumlah pengukuran

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran mingguan dari tiap-tiap ruangan setiap bulannya diambil yang paling tinggi dan di rata-rata setiap tahun. Lantai Ruang 136 untuk bulan januari tidak dimasukkan pada harga rata-rata tahunan karena melebihi nilai batas yang diijinkan. Dari data rata-rata tahunan menunjukkan deviasinya mendekati harga reratanya. Kejadian ini disebabkan cacah radioaktivitas di ruangan tersebut mendekati cacah latarnya dan adanya aktivitas yang berbeda dari pekerja radiasi menimbulkan radioaktivitas yang sangat berfluktuasi.

Hasil pengukuran radioaktivitas alpha dan  $\beta$  di permukaan tahun 2009 ditampilkan pada Tabel-1. Sebagai perbandingan radioaktivitas alpha dan  $\beta$  di permukaan tahun 2008 ditampilkan pada Tabel-2.

Tabel-1. Hasil Pengukuran Radioaktivitas  $\alpha$  Dan  $\beta$  Pada Permukaan Lantai Di IRM Tahun 2009

No	LANTAI RUANG 135 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 136 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 140 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 143 (Bq/cm <sup>2</sup> )	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Januari	0,050	0,280	0,030	6,590*	0,020	0,150	0,010	0,080
Pebruari	0,030	0,120	0,020	0,170	0,040	0,120	0,010	0,110
Maret	0,010	0,090	0,020	0,080	0,040	0,120	0,010	0,140
April	0,040	0,330	0,020	0,200	0,030	0,040	0,030	0,090
Mei	0,040	0,210	0,030	0,060	0,060	0,070	0,050	0,270

No	LANTAI RUANG 135 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 136 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 140 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 143 (Bq/cm <sup>2</sup> )	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Juni	0,030	0,020	0,010	0,020	0,080	0,050	0,030	0,030
Juli	0,010	0,035	Ttd	0,023	0,010	0,080	0,016	0,071
Agustus	Ttd	0,018	0,005	0,013	0,010	0,003	0,016	0,016
September	0,053	0,016	0,012	0,008	0,008	0,010	0,016	0,030
Oktober	0,008	0,139	0,025	0,013	0,008	0,010	0,017	0,093
November	0,029	0,118	0,012	0,065	0,017	0,020	0,017	0,451
Desember	0,012	0,015	0,092	0,008	0,130	0,013	0,184	0,038
Rerata	0,026	0,034	0,025	0,060	0,038	0,057	0,034	0,118
Deviasi	0,018	0,049	0,024	0,067	0,037	0,051	0,049	0,125

Tabel-2. Hasil Pengukuran Radioaktivitas  $\alpha$  Dan  $\beta$  Pada Permukaan Lantai Di IRM Tahun 2008.

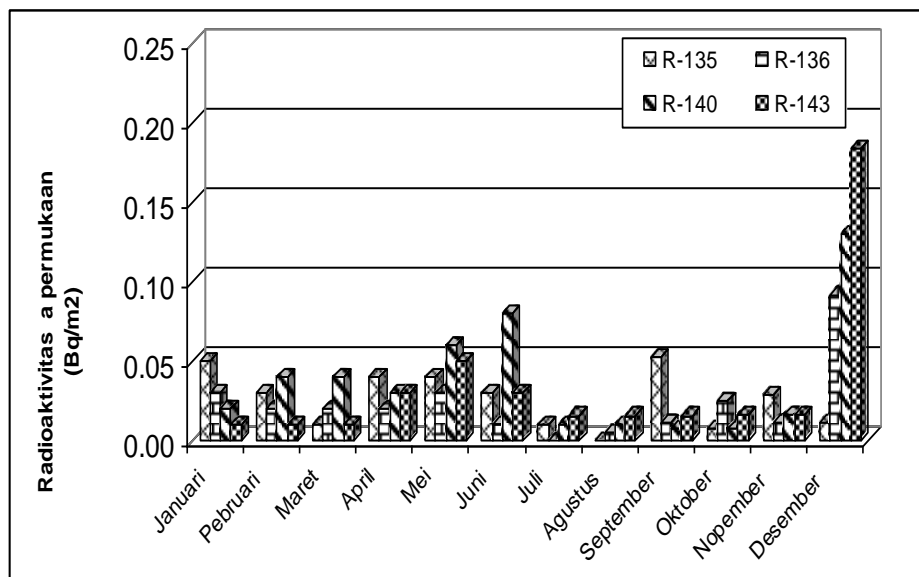
No	LANTAI RUANG 135 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 136 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 140 (Bq/cm <sup>2</sup> )		LANTAI RUANG 143 (Bq/cm <sup>2</sup> )	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Januari	0,003	-	0,003	-	ttd	-	0,007	-
Pebruari	0,003	0,158	0,005	0,183	0,003	0,034	0,003	0,133
Maret	ttd	0,010	ttd	0,005	ttd	0,006	ttd	0,015
April	ttd	0,017	0,004	0,004	ttd	0,006	ttd	0,016
Mei	0,001	0,008	0,002	0,011	0,002	0,010	0,002	0,020
Juni	0,004	0,175	ttd	0,249	0,003	0,057	0,007	0,363
Juli	ttd	0,013	0,003	0,010	ttd	0,003	ttd	0,010
Agustus	0,010	0,017	0,007	0,007	0,003	0,010	0,007	0,027
September	0,013	0,047	0,003	0,050	0,010	0,040	0,010	0,063
Oktober	0,020	0,090	ttd	0,020	0,010	0,080	ttd	0,140
November	0,020	-	0,017	-	0,010	-	0,270	-
Desember	0,020	0,020	0,020	0,020	0,010	0,020	0,030	0,040
Rerata	0,010	0,052	0,007	0,051	0,006	0,025	0,012	0,078
Deviasi	0,008	0,061	0,007	0,084	0,004	0,025	0,011	0,105

**Catatan Tabel-2 :**

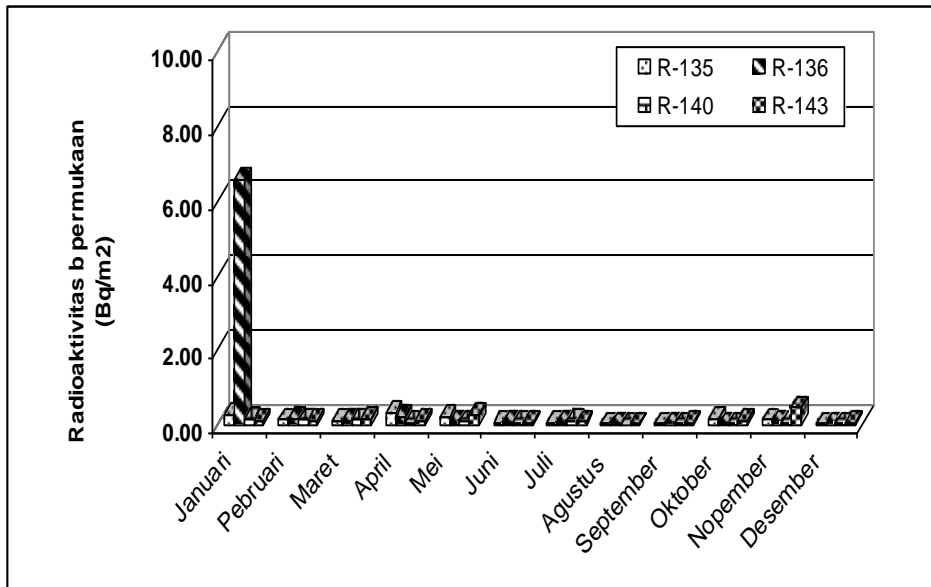
Ttd = tak terdeteksi

Tanda (-) tidak dipantau karena detektor  $\beta$  sedang dikalibrasi di Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi (PTKMR) BATAN.Dari Tabel-1, hasil pengukuran radioaktivitas  $\alpha$  di permukaan lantai tidak ada yang melebihi 0,37 Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar  $\alpha$  dan untuk radioaktivitas  $\beta$  hasilnya ada

yang berada di atas  $3,7 \text{ Bq/cm}^2$  yaitu di ruang 136 pada bulan Januari 2009. Lantai ruangan yang diukur dinyatakan tidak terkontaminasi oleh radioaktif  $\alpha$  dan untuk ruang 135, ruang 140 dan ruang 143 juga dinyatakan tidak terkontaminasi oleh radioaktif  $\beta$ . Ruang 136 pada bulan Januari 2009 terkontaminasi radioaktif  $\beta$  akan tetapi setelah didekontaminasi, pada pengukuran selanjutnya dinyatakan bebas kontaminasi. Selanjutnya dari Tabel-1 ini dibuat Gambar-2 dan Gambar-3, yaitu radioaktivitas  $\alpha$  dan  $\beta$  di permukaan lantai 135,136, 140 dan 143. Pada Gambar-2 terlihat ada suatu peningkatan radioaktivitas  $\alpha$  di permukaan lantai pada bulan Desember 2009. Hal ini diduga karena kegiatan di laboratorium IRM sedikit meningkat jika dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Kegiatan penelitian cenderung diselesaikan diakhir triwulan 3 s/d triwulan 4. Namun demikian hasil pengukuran tertinggi radioaktivitas  $\alpha$  di permukaan terdapat pada bulan Desember 2009 sebesar  $0,184 \text{ Bq/cm}^2$ , masih berada di bawah batasan yang diizinkan atau nilainya 49,7% dari nilai batas yang diizinkan untuk daerah kontaminasi rendah.



Gambar-2 : Radioaktivitas  $\alpha$  Di Permukaan Ruang : 135, 136, 140 Dan 143 Tahun 2009.

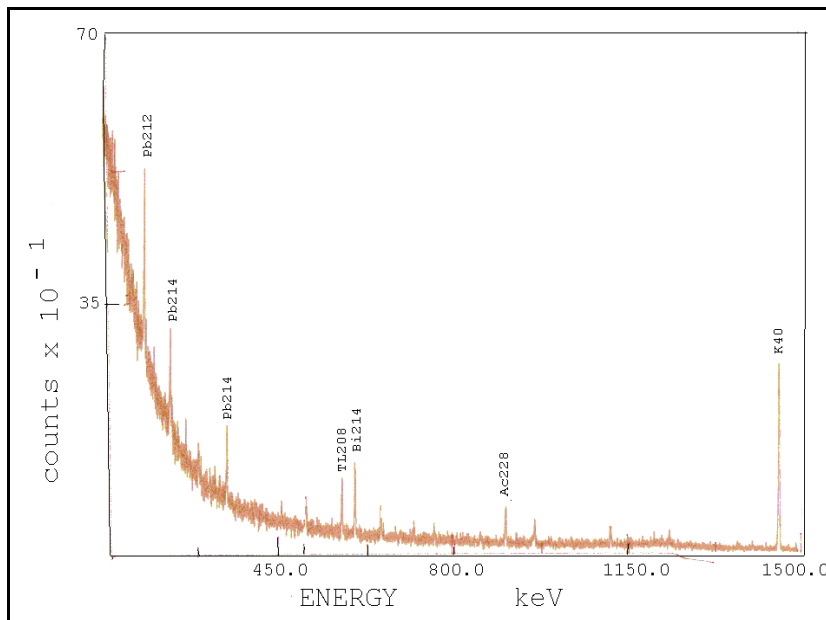


Gambar-3. Radioaktivitas  $\beta$  Di Permukaan Ruang 135, 136, 140 Dan 143 Tahun 2009.

Pada Gambar-3 radioaktivitas  $\beta$  di permukaan tertinggi terjadi pada bulan Januari 2009 di ruang 136, yaitu sebesar  $6,590 \text{ Bq/cm}^2$  atau 178% melebihi nilai batasan yang diizinkan. Mengingat hasil test usap melebihi nilai batas yang diijinkan maka dilakukan dekontaminasi lokal pada tempat terdeteksinya kontaminasi  $\beta$  tersebut yaitu di lantai depan lemari asam. Selanjutnya untuk bulan berikutnya aktivitasnya sudah berada di bawah batasan yang diizinkan, hal ini seperti ditampilkan pada Gambar-3.

Dari hasil sampling tes usap tersebut (uji petik dari sampling operating area) dilakukan analisis secara kualitatif menggunakan Multy Channel Analyzer (MCA) diketahui jenis radionuklida yang terdapat di permukaan lantai berasal dari alam. Hasil analisis secara kualitatif spektrum  $\gamma$  pada Gambar-4 berupa nuklida : Pb-212, Pb-214, TI-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40.





Gambar-4. Spektrum Gamma di Operating Area : Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40.

## KESIMPULAN

Hasil pengukuran radioaktivitas  $\alpha$  dan  $\beta$  di permukaan lantai ruang 135, 136, 140 dan 143 IRM tahun 2009, disimpulkan tidak melebihi batasan yang diijinkan untuk radioaktif  $\alpha$ , dan terdapat hasil radioaktif  $\beta$  di ruang 136 yang melebihi batasan pada bulan Januari 2009 tetapi setelah didekontaminasi dapat terkendali dan berada di bawah batasan yang diizinkan pada bulan bulan selanjutnya. Hasil tersebut adalah sebagai berikut : untuk lantai R.135 radioaktivitas  $\alpha$  sebesar =  $(0,026 \pm 0,018)$  Bq/cm<sup>2</sup>, R.136 =  $(0,025 \pm 0,024)$  Bq/cm<sup>2</sup>, R.140 =  $(0,038 \pm 0,037)$  Bq/cm<sup>2</sup>, R.143 =  $(0,034 \pm 0,049)$  Bq/cm<sup>2</sup> dan untuk lantai R.135 radioaktivitas  $\beta$  sebesar =  $(0,034 \pm 0,049)$  Bq/cm<sup>2</sup>, R.136 =  $(0,604 \pm 1,886)$  Bq/cm<sup>2</sup>, R.140 =  $(0,057 \pm 0,051)$  Bq/cm<sup>2</sup>, R.143 =  $(0,118 \pm 0,125)$  Bq/cm<sup>2</sup>. Dari analisis secara kualitatif menunjukkan radionuklida yang terukur berasal dari alam yaitu : Pb-212, Pb-214, Tl-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. TIM LAK PUSAT TEKNOLOGI BAHAN BAKAR NUKLIR, "Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Radiometalurgi", revisi 6, PTBN, Serpong, Tahun 2006.
2. ANONIM, "Undang Undang No. 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran", Jakarta, Tahun 1997.
3. BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR, "Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi", BAPETEN nomor : 01/Ka-BAPETEN/V-1999, Jakarta, Tahun 1999.
4. ALAN MARTIN AND SAMUEL A. HABIR-SON, "An introduction to radiation protection, London", 1986.
5. GANW KUZMA AND STEPHENE, "Basic Statistics For Health Science", 4<sup>rd</sup> Edition, 2001.