

---

## PEMANTAUAN PENERIMAAN DOSIS EKSTERNA DAN INTERNA DI INSTALASI RADIOMETALURGI TAHUN 2012

**Sudaryati, Arca Datam S. dan Nur Tri Harjanto**  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

### ABSTRAK

**PEMANTAUAN PENERIMAAN DOSIS EKSTERNA DAN INTERNA DI INSTALASI RADIOMETALURGI TAHUN 2012.** Pemantauan penerimaan dosis eksternal dan internal di Instalasi Radiometalurgi tahun 2012 telah dilakukan. Tujuan dari kegiatan ini untuk mengetahui besarnya dosis eksternal dan internal yang diterima pekerja radiasi dihubungkan dengan kegiatan yang pekerja radiasi lakukan selama bekerja di laboratorium. Metoda yang dilakukan untuk mengevaluasi DEST yang diterima pekerja radiasi ini dengan cara menganalisis dosis eksternal yang berasal dari paparan radiasi dan dosis internal dengan cara *in-vitro* (pemeriksaan urine) dan *in-vivo* (*Whole Body Counter*). Ada beberapa personil yang menerima dosis eksternal triwulan 1 sebesar 0,06 mSv/thn, triwulan 3 antara 0,03 sampai dengan 0,10 mSv/thn sedangkan triwulan 2 dan 4 untuk penerimaan dosis eksternal hasil pemantauan ttd (tak terdeteksi). Hasil pemantauan dosis internal untuk triwulan 1 terpantau sebesar 0,01 mSv/thn, triwulan 4 antara 0,02 sampai dengan 0,09 mSv/thn. Untuk pemantauan triwulan 2 dan 3 hasilnya ttd (tak terdeteksi). Selama tahun 2012 penerimaan dosis eksternal dan internal untuk pekerja radiasi tersebut masih dalam kategori aman karena dosis yang diterima oleh pekerja radiasi masih jauh di bawah batas dosis yang diizinkan. Sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir dan berdasarkan Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Radiometalurgi (LAK IRM), Nilai Batas Dosis yang diijinkan yakni sebesar 50 mSv/thn dan rata-rata 20 mSv dalam 5 tahun.

**Kata kunci :** Dosis eksternal, dosis internal, TLD, In-vivo, In-vitro.

### PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Kepala BATAN No. 123/KA/VIII/2007 Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) mempunyai tugas pokok melaksanakan Pengembangan Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Untuk mengemban tugas tersebut PTBN dilengkapi dengan beberapa instalasi yakni Instalasi Elemen Bakar Eksperimental, Instalasi Radiometalurgi dan Instalasi Penunjang lainnya. Instalasi ini dikelola oleh beberapa bidang diantaranya terdapat Bidang Pengembangan Radiometalurgi yang membawahi Instalasi Radiometalurgi (IRM) dengan tugas melaksanakan pengembangan radiometalurgi, analisis fisika kimia dan teknik uji pasca iradiasi melaksanakan pengembangan modeling elemen bakar nuklir dan melakukan pengujian pra dan pasca iradiasi<sup>[1]</sup>.

Instalasi ini dilengkapi dengan fasilitas hot cell yang digunakan untuk pengujian pasca iradiasi yakni melaksanakan uji tak merusak, metalografi, uji mekanik dan lain-lain.

Didalam kegiatan sehari-hari karena kegiatan yang dilakukan oleh pekerja radiasi menggunakan uranium maka dimungkinkan terjadi paparan atau kontaminasi yang diterima oleh pekerja radiasi, untuk memantau keadaan tersebut dilakukan pemantauan penerimaan dosis interna dan eksternal. Pemantauan dosis eksternal pekerja radiasi dilakukan dengan menggunakan *Thermoluminescence Detector (TLD)*. Pemantauan radiasi interna terhadap pekerja radiasi dilakukan dengan pengukuran langsung aktivitas radionuklida di dalam tubuh menggunakan alat *Whole Body Counter (WBC)* atau in-vivo dan analisis urine atau in-vitro. Radiasi interna terjadi akibat masuknya unsur radioaktif ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan/inhalasi, pencernaan/ingesti, atau melalui penyerapan kulit. Pekerja radiasi yang bekerja di laboratorium diwajibkan menggunakan perlengkapan yang dapat mengurangi penerimaan dosis dan kecelakaan kerja, seperti penggunaan masker yang sesuai, sarung tangan dan alat keselamatan lainnya. Paparan radiasi eksternal merupakan paparan yang terjadi bila ada jarak tertentu antara sumber radiasi dengan individu disekitarnya, sedangkan paparan radiasi interna tidak ada jarak antara sumber radiasi dengan individu terpapar, sehingga sering diistilahkan sebagai kontaminasi. Pemantauan terhadap paparan eksternal dilakukan dengan menggunakan dosimeter fisik dan biologi, seperti TLD, *film badge*, dosimeter saku, dan lainnya<sup>[3]</sup>.

Tujuan dari kegiatan ini untuk mengetahui besarnya dosis eksternal dan interna yang diterima pekerja radiasi dihubungkan dengan kegiatan yang pekerja radiasi lakukan selama bekerja di laboratorium pada tahun 2012 sebesar 50 mSv/thn dan rata-rata 20 mSv dalam 5 tahun tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa NBD tidak terlampaui. Nilai Batas Dosis (NBD) yang diizinkan berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Semua kegiatan tersebut harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang berlaku agar penerimaan dosis radiasi eksternal dan interna bagi pekerja tidak melebihi batas yang diizinkan.

## TEORI

Distribusi radionuklida dalam tubuh bergantung pada jalur masuk ke dalam tubuh. Bahan radioaktif dapat masuk saluran pencernaan melalui penelanan atau inhalasi, yaitu berpindah dari saluran pernafasan ke kerongkongan melalui mekanisme *siliari bronklus*. Tempat absorpsi utama dalam saluran pencernaan adalah usus halus. Radionuklida yang

masuk ke dalam tubuh akan berdifusi ke dalam cairan ekstraseluler setelah mengalami proses yang kompleks, radionuklida akan terdistribusi keseluruhan bagian tubuh dan sebagian akan mengendap dalam satu atau lebih organ atau jaringan target. Dosis radiasi serendah apapun dapat menimbulkan perubahan pada sistem biologi, baik pada tingkat molekul maupun sel. Sel yang mengalami modifikasi mempunyai peluang untuk lolos dari sistem pertahanan tubuh yang berusaha untuk menghilangkan sel tersebut. Efek stokastik terjadi tanpa ada dosis ambang, dan baru akan muncul setelah masa laten yang lama, tidak ada penyembuhan spontan. Semakin besar dosis, semakin besar peluang terjadinya efek stokastik, sedangkan keparahannya tidak tergantung pada dosis. Bila sel yang mengalami perubahan adalah sel genetik, maka sifat-sifat sel yang baru tersebut akan diwariskan kepada turunannya sehingga timbul efek genetik atau efek pewarisan<sup>[2]</sup>.

Tabel 1 menjelaskan organ-organ atau jaringan dalam tubuh yang berpeluang besar terkena dosis radiasi interna yang sudah masuk ke dalam tubuh<sup>[5]</sup>. Sedangkan  $W_T$  berfungsi untuk menghitung dosis efektif yang diterima oleh pekerja radiasi. Dalam Tabel 1  $W_T$  untuk setiap organ tubuh berbeda kepekaannya. Semua zat radioaktif yang masuk ke dalam tubuh disebut sebagai pemancar interna. Radioaktif secara kontinu meradiasi jaringan tubuh sampai dieksresikan (dikeluarkan) melalui *fezes* dan *urine* atau menjadi isotop stabil melalui proses peluruhan. Radionuklida akan dimetabolisme dan terakumulasi pada organ target dalam tubuh sesuai dengan sifat kimia dan sifat fisiknya, seperti yodium terakumulasi dalam kelenjar tiroid, stronsium dan radium dalam tulang, plutonium pada paru-paru dan cesium pada jaringan lunak. Kontaminasi interna dapat terjadi secara akut maupun kronis, langsung maupun tidak langsung yaitu melalui beberapa perantara jalur masuk.

Tahapan berlangsungnya kontaminasi interna adalah :

1. Masuk tubuh melalui jalan masuk yang ada pada tubuh.
2. Penyerapan ke dalam darah atau cairan getah bening.
3. Didistribusikan keseluruh tubuh dan akumulasi pada organ sasaran.
4. Pengeluaran melalui *urine*, *fezes* dan keringat.

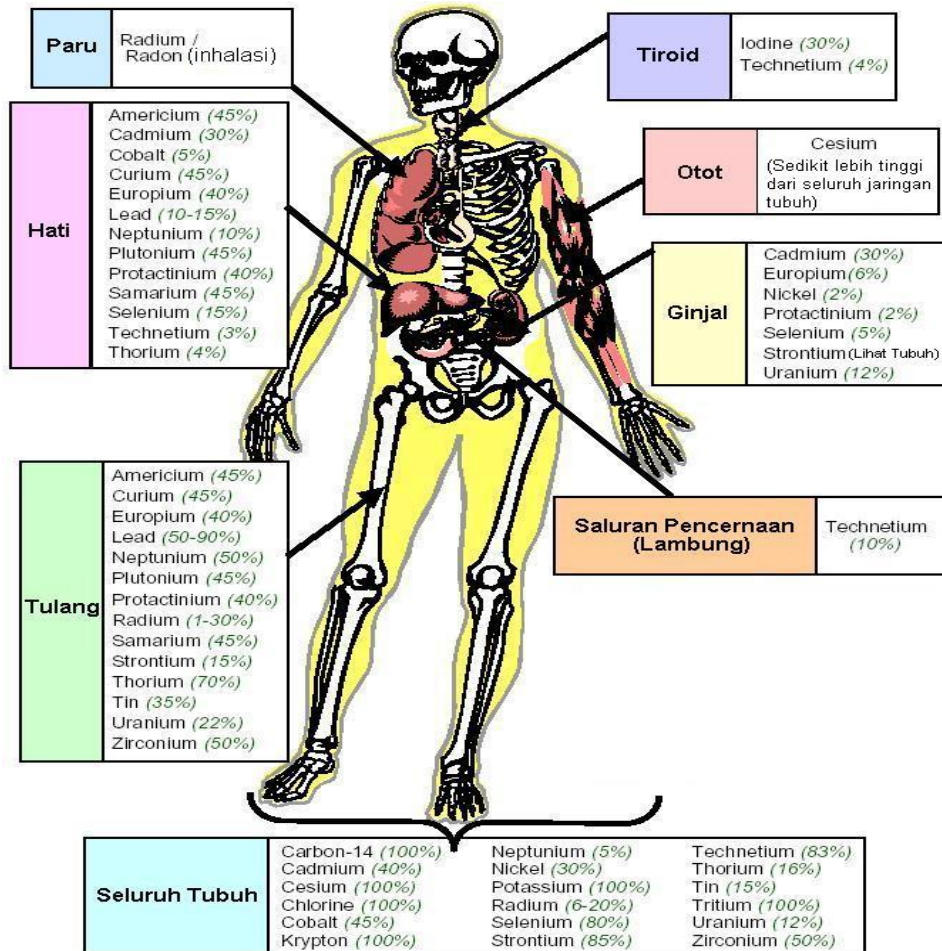
**Tabel 1.** Nilai Faktor Bobot Berbagai Organ Tubuh

No.	Organ atau Jaringan Tubuh	Faktor Bobot Organ
1.	Gonad (Kelamin)	0,25
2.	Sumsum tulang	0,12
3.	Colon (Usus besar)	-
4.	Lambung	-
5.	Paru-paru	0,12
6.	Ginjal	-
7.	Payudara	-
8.	Oesophagus (jalur pernafasan)	-
9.	Kelenjar gondok (Tiroid)	0,03
10.	Kulit	-
11.	Tulang (permukaan)	0,03
12.	Dada	0,15
13.	Organ atau jaringan tubuh sisanya	0,3

Sedangkan radiasi dari sumber yang terletak di luar tubuh dapat memberikan penyinaran radiasi secara lokal/parsial atau seluruh tubuh. Pada paparan eksterna sinar alfa dan sinar beta energi rendah (< 65 keV) tidak cukup kuat untuk menembus lapisan kulit sehingga tidak berbahaya. Sinar beta (> 65 keV), neutron, sinar X dan gamma dapat menembus lapisan kulit dan dapat meradiasi jaringan dan organ dalam tubuh, seperti dapat di lihat pada Gambar 1.

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap tingkat keparahan kerusakan akibat paparan eksterna, antara lain adalah jenis radiasi, dosis serap, distribusi penyinaran pada tubuh, distribusi waktu penyinaran (dosis tunggal atau terbagi/fraksinasi) dan usia<sup>[3]</sup>.

ALI (*Annual Limits On Intake*) sendiri adalah batas jumlah bahan radioaktif yang masuk ke dalam tubuh pekerja dewasa disebabkan oleh inhalasi atau menelan dalam setahun. ALI untuk beberapa radionuklida yang memancarkan radiasi  $\beta^-$ ,  $\gamma$  dilihat pada Tabel 2<sup>[2]</sup>.



**Gambar 1.** Distribusi beberapa radionuklida dalam organ

**Tabel 2.** ALI untuk beberapa radionuklida

No.	Radionuklida	Pancaran Radiasi	ALI (Bq)
1.	Tritium (TDO)	$\beta^-$	$1 \times 10^9$
2.	Cobalt-60	$\beta^-, \gamma$	$4 \times 10^5$
3.	Strontium	$\beta^-$	$6 \times 10^4$
4.	Zirconium	$\beta^-, \gamma$	$3 \times 10^6$
5.	Iodine -131	$\beta^-, \gamma$	$1 \times 10^6$
6.	Iodine -133	$\beta^-, \gamma$	$8 \times 10^6$
7.	Iodine -135	$\beta^-, \gamma$	$4 \times 10^7$
8.	Cesium -137	$\beta^-, \gamma$	$2 \times 10^6$

Seperti pada Tabel 2 untuk beberapa sumber yang sering kita gunakan mempunyai batasan ALI yang besar, sebagai contoh Cesium 137 sebesar  $2 \times 10^6$  Bq. Dosis interna dan eksterna yang diterima pekerja radiasi sangat ditentukan oleh aktivitas pekerja radiasi dimana dia melakukan kegiatan. Untuk itu IRM telah didesain terbagi dalam 4 daerah kerja yang meliputi :

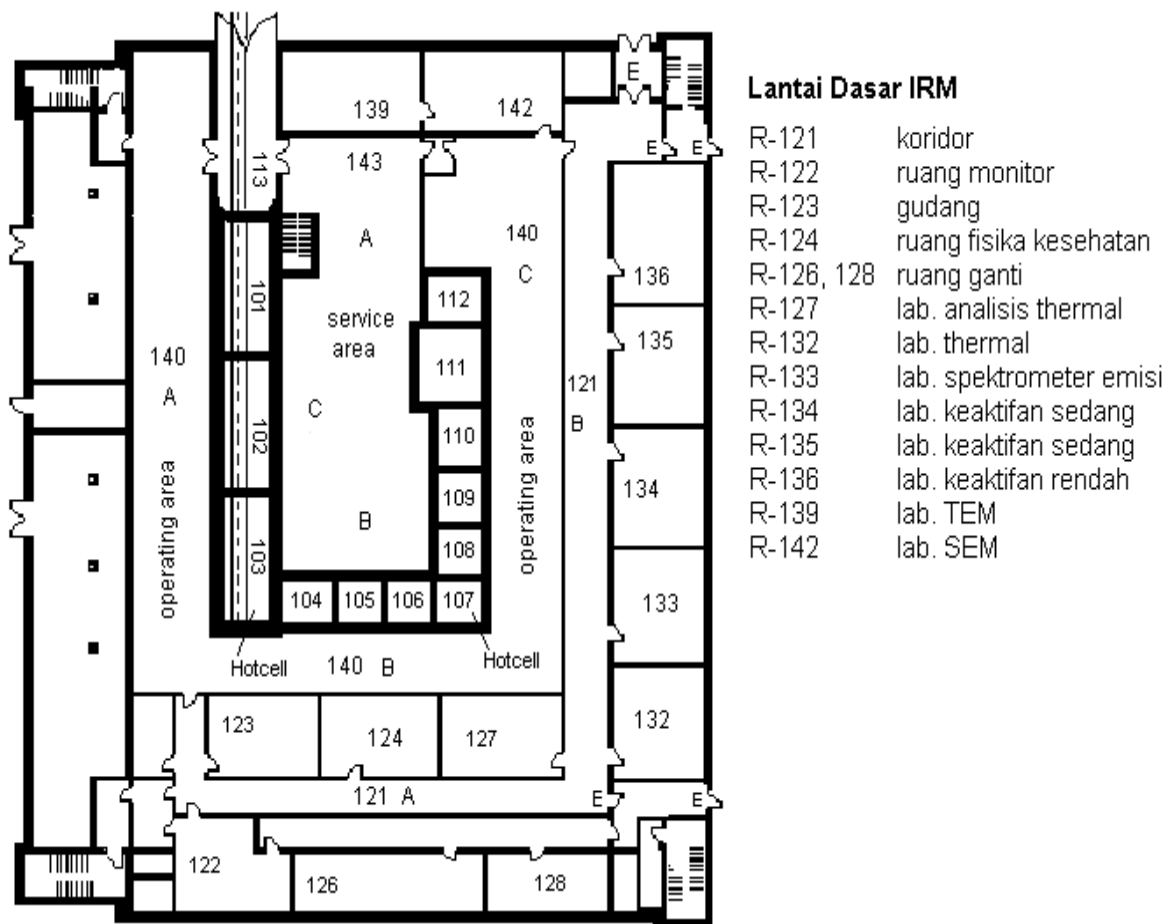
Zona I yakni daerah non aktif.

Zona II yakni daerah radiasi rendah.

Zona III yakni daerah radiasi sedang.

Zona IV yakni daerah radiasi dan terkontaminasi tinggi.

Adapun gambar denah sebagian ruangan utama laboratorium yang berada di IRM ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Denah laboratorium IRM

Di gambar tersebut terdapat ruangan-ruangan yang dipergunakan untuk aktivitas sehari-hari selama bekerja di IRM. Untuk penerimaan dosis radiasi eksternal dipergunakan TLD yang setiap tiga bulan dilakukan evaluasi dan pembacaan dosis yang diterima. Untuk penerimaan dosis internal dipergunakan alat Accuscan II seperti dalam Gbr. 3 dan pemeriksaan *urine in-vitro*).



**Gambar 3.** Alat WBC

## **METODA**

Pelaksanaan pemantauan dosis eksternal dilakukan menggunakan TLD dan dibaca menggunakan *TLD Reader*. Pemantauan dosis internal dilakukan melalui urine pekerja radiasi dan dilakukan dengan cara *in-vitro* (pemeriksaan urine), selain itu pemeriksaan *in-vivo* dilakukan dengan *Whole Body Counter (WBC)*. Pelaksanaan analisis dosis eksternal dan dosis internal menjadi wewenang Pusat Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif (PTLR)<sup>[4]</sup>.

Hasil pemantauan dosis eksternal dan internal yang telah dianalisis oleh PTLR diterima oleh Bidang Keselamatan untuk didokumentasikan dan disimpan selama 130 tahun sesuai dengan Perka BAPETEN no 4 tahun 2013.

Untuk keluar masuk personil yang bekerja di dalam laboratorium dikendalikan dari ruang kendali Bidang Keselamatan. Semua kegiatan yang dilakukan dicatat dalam *log book* yang harus diisi bila personil masuk dan bekerja di daerah radiasi kontaminasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan urine dan pemeriksaan *WBC* tidak dilakukan pada semua personel PTBN setiap triwulan. Hal ini disebabkan keterbatasan alat dan waktu untuk mengevaluasi hasil dari pemeriksaan urine dan *WBC*. Akan tetapi setiap personel setiap tahunnya minimal mendapat satu kali pemeriksaan urine dan pemeriksaan *WBC*. Untuk pemakaian *TLD* wajib dilakukan bagi semua personel yang bekerja di daerah radiasi kontaminasi. Hasil pemeriksaan *WBC* dan urine serta pembacaan *TLD* pekerja radiasi di IRM selama tahun 2012 dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil-hasil pemeriksaan *WBC* dan URINE serta pembacaan *TLD* pekerja radiasi di IRM selama tahun 2012

No	Nama	Triwulan I			Triwulan II			Triwulan III			Triwulan IV		
		Urine	WB C	TLD	Urine	WBC	TLD	Urine	WBC	TLD	Urine	WBC	TLD
1.	A	0,01	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
2.	B	0,01	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
3.	C	ttd	ttd	0,06	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,08	ttd	ttd	ttd
4.	D	ttd	ttd	0,06	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
5.	E	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,07	0,05	ttd
6.	F	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,10	0,08	ttd	ttd
7.	G	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	0,02	ttd	ttd
8.	H	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	ttd	ttd	ttd
9.	I	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,02	0,01	ttd
10	J	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,09	0,07	ttd
11	K	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	ttd	ttd
12	L	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	ttd	ttd
13	M	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	ttd	ttd
14	N	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	ttd	ttd
15	O	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	ttd	ttd



No	Nama	Triwulan I			Triwulan II			Triwulan III			Triwulan IV		
		Urine	WB C	TLD	Urine	WBC	TLD	Urine	WBC	TLD	Urine	WBC	TLD
16	P	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0,03	ttd	ttd
17	Q	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
18	R	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
19	S	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
20	T	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
21	U	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
22	V	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
23		ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
s/ d		ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
98		ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd

Pada Tabel 3 terlihat ada beberapa personil yang menerima dosis eksterna antara 0,03 mSv/thn sampai dengan 0,10 mSv/thn dan yang menerima dosis radiasi interna antara 0,01 mSv/thn sampai dengan 0,09 mSv/thn walaupun personil menerima rentang dosis antara 0,01 mSv/thn sampai dengan 0,10 mSv/thn selama tahun 2012 pekerja radiasi tersebut masih dalam kategori aman karena dosis yang boleh diterima oleh pekerja radiasi berdasarkan Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Radiometalurgi (LAK IRM) sebesar 50 mSv/thn. Besarnya nilai batas dosis untuk DEST berdasarkan keputusan Kepala BAPETEN nomor : 01/Ka-BAPETEN/V-1999 tentang Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi mencakup dosis radiasi eksterna dan dosis radiasi interna dan tidak termasuk dosis paparan medik dan dosis paparan dari alam adalah sebesar 50 mSv/tahun <sup>[5]</sup>. Sedangkan  $W_T$  berfungsi untuk menghitung dosis efektif yang diterima oleh pekerja radiasi. Dalam Tabel 1  $W_T$  untuk setiap organ tubuh berbeda kepekaannya. Pada Tabel 3 DEST tertinggi dialami oleh F sebesar 0,10 mSv/thn bila dibandingkan dengan DEST sebesar 50 mSv/thn maka dosis yang diterima masih jauh dari DEST seperti yang ditetapkan oleh Peraturan Kepala Bapeten No. 4 Thn 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Adapun kegiatan dan jumlah personil yang melakukan pekerjaan didalam laboratorium dengan keaktifan rendah dan keaktifan sedang dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan untuk kegiatan di dalam Hotcell dengan sumber keaktifan tinggi dipergunakan manipulator sehingga sumber tersebut tidak bersinggungan langsung dengan personil yang sedang bekerja. Adapun pekerja radiasi

yang menerima paparan dosis eksternal mereka bekerja di daerah *operating area*, *service area*, laboratorium, keselamatan serta sarana penunjang sedangkan yang menerima dosis internal yang bersangkutan bekerja di daerah laboratorium dan *service area*.

**Tabel 4.** Pengendalian Aktivitas Kegiatan Di Dalam Laboratorium Gedung IRM Bulan Januari - Desember Tahun 2012

Ruang	Kegiatan
123	Gudang
124	Counting cuplikan udara dan tes usap
127	Analisa dengan alat DTA/DSC
133	Mengoperasikan alat ICP dan Emisi Spektrometer
134	Mengoperasikan alat Spektometri Gamma
135	Analisa sumber dengan keaktifan sedang
136	Ekstraksi, mengoperasikan alat Titroprocessor.
140	Operating Area, pemantauan udara, pengecekan paparan radiasi.
142	Mengoperasikan alat SEM
143	<i>Service Area</i>
Hotcell	Perbaikan Rabbit System, memasang rak, pemantauan udara, pengecekan paparan radiasi.
Basement	Penanganan Limbah Cair

## KESIMPULAN

Hasil pemantauan penerimaan dosis eksternal dan internal di Instalasi Radiometalurgi tahun 2012 dapat disimpulkan bahwa ada beberapa personil yang menerima dosis eksternal triwulan 1 sebesar 0,06 mSv/thn, triwulan 3 antara 0,03 mSv/thn sampai dengan 0,10 mSv/thn sedangkan triwulan 2 dan 4 untuk penerimaan dosis eksternal hasil pemantauan ttd (tak terdeteksi). Hasil pemantauan dosis internal untuk triwulan 1 terpantau sebesar 0,01 mSv/thn, triwulan 4 antara 0,02 sampai dengan 0,09 mSv/thn. Untuk pemantauan triwulan 2 dan 3 hasilnya ttd (tak terdeteksi). Selama tahun 2012 penerimaan dosis eksternal dan internal untuk pekerja radiasi tersebut masih dalam kategori aman karena dosis yang boleh diterima oleh pekerja radiasi masih jauh di bawah dosis yang diizinkan berdasarkan Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Radiometalurgi (LAK IRM) sebesar 50 mSv/thn. Hal ini dihubungkan dengan Nilai Batas Dosis (NBD) yang

diizinkan berdasarkan Peraturan Kepala Bapeten No. 4 Thn 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pejabat dan staf di BKL - PTLR atas kerjasamanya dengan BK - PTBN yang selalu membantu dalam menganalisa setiap sampel urine, TLD dan WBC untuk setiap pekerja radiasi dari PTBN.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. BATAN, Keputusan Kepala BATAN No.123/KA/VIII/2007 tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN, Jakarta, (2007).
- [2]. ANONIM, Pusdiklat, Pelatihan Penyegaran Proteksi Radiasi Instalasi Nuklir, Jakarta, 19 – 23 April (2010).
- [3]. ANONIM, [www. Bapeten.go.id](http://www.Bapeten.go.id) – Dosis Eksterna dan Dosis Interna, Juni 2010.
- [4]. PTLR, Prosedur Pengelolaan TLD, no. dok. PLR/7/PeD-PE/II/002/03/2006 rev. 3, (2006).
- [5]. Peraturan Kepala Bapeten No.4 Thn 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.