

PEMANTAUAN DOSIS INTERNA PEKERJA RADIASI DI PUSAT TEKNOLOGI BAHAN BAKAR NUKLIR TAHUN 2009

Sudaryati, Sri Wahyuningsih, Arca Datam Sugiarto
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang

ABSTRAK

PEMANTAUAN DOSIS INTERNA PEKERJA RADIASI DI PUSAT TEKNOLOGI BAHAN BAKAR NUKLIR TAHUN 2009. Pemantauan dosis interna pekerja radiasi di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) tahun 2009, telah dilakukan. Tujuan dari pemantauan ini untuk mengetahui seberapa besar dosis interna yang diterima pekerja radiasi di PTBN pada tahun 2009. Pemantauan radiasi interna pekerja radiasi dilakukan dengan metoda pengukuran langsung aktivitas radionuklida di dalam tubuh pekerja radiasi dengan cara *Whole Body Counter* (WBC) dan pemeriksaan urine pekerja tersebut. Pelaksanaannya dilakukan dengan cara *in-vitro* melalui pemeriksaan urine dan *in-vivo* WBC. Hasil pemantauan dosis interna menunjukkan secara umum pekerja radiasi tak terdeteksi terkena kontaminasi interna dari zat radioaktif, kecuali seorang pekerja radiasi berinisial S pada triwulan II terdeteksi dari hasil pemeriksaan urinenya sebesar 0,09 Becquerel (Bq) untuk aktivitas U-total dengan dosis terikat efektif (H_E) sebesar 0,07 mSv. Namun pada triwulan III dilakukan kembali pemeriksaan terhadap pekerja tersebut dengan hasil pantauan tak terdeteksi (td). Secara keseluruhan nilai dosis ekivalent seluruh tubuh (DEST) pekerja radiasi S diakhir tahun 2009 tidak melebihi dari 50 mSv/tahun untuk dosis eksterna dan interna. Dari hasil ini dapat disimpulkan selama kegiatan di laboratorium PTBN periode tahun 2009, seluruh pekerja radiasi PTBN aman dari bahaya radiasi interna.

Katakunci : dosis interna, pemeriksaan urine, pemeriksaan WBC (*Whole Body Counter*).

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. Disamping itu untuk menunjang tugas pokok dan menjaga keselamatan pekerja dan lingkungan dilakukan pengendalian keselamatan kerja. Pelaksanaan pengendalian keselamatan kerja ditangani oleh Bidang Keselamatan terangkum dalam pasal 276 yang menyelenggarakan^[1]:

1. Pelaksanaan pengendalian daerah kerja terhadap bahaya radiasi dan non radiasi.
2. Pelaksanaan pengendalian paparan radiasi personal serta koordinasi kedaruratan nuklir fasilitas.
3. Pelaksanaan pengelolaan dan akutansi bahan nuklir serta pengelolaan limbah.

Latar belakang yang mendasari dilakukan kegiatan ini untuk mengetahui seberapa besar penerimaan dosis interna yang diterima personil di PTBN selama periode tahun 2009. Pemantauan radiasi interna terhadap pekerja radiasi dapat dilakukan dengan cara pengukuran langsung aktivitas radionuklida di dalam tubuh

pekerja radiasi dengan teknik *Whole Body Counter* (WBC), analisis *urine*, *feces* atau keringat. Radiasi interna terjadi akibat masuknya unsur radioaktif ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan/inhalasi, pencernaan/ingesti, atau melalui penyerapan kulit.

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. Semua efek akibat proses modifikasi atau transformasi yang terjadi secara acak (efek stokastik). Efek stokastik dapat terjadi tanpa adanya nilai 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 sel genetik, maka sifat-sifat sel yang baru tersebut akan diwariskan kepada turunannya sehingga timbul efek genetik atau efek pewarisan^[5].

Tujuan dari kegiatan ini untuk mengetahui besarnya dosis interna yang diterima pekerja radiasi pada saat bekerja di laboratorium. Hal ini dikorelasikan dengan batas dosis yang diizinkan berdasarkan data yang ada pada *Annual Limit on Intake* (ALI) yaitu tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi Interna. Semua kegiatan tersebut harus dilakukan sesuai dengan kaidah keselamatan agar penerimaan dosis radiasi bagi pekerja tidak melebihi batas yang diizinkan. Selama berlangsungnya kegiatan di laboratorium PTBN, tentu saja adanya resiko paparan radiasi eksterna dan kontaminasi interna yang boleh jadi akan terkena ke pekerja radiasi. Untuk menghindari dan mengurangi bahaya tersebut 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 eksterna adalah merupakan paparan radiasi gamma dari sumber radiasi 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 *Thermoluminescence detector* (TLD), film *badge*, dosimeter saku, dan lainnya sangat sensitif, tetapi kurang otentik karena tidak selalu mencerminkan dosis radiasi sesungguhnya yang diterima seorang pekerja radiasi. Kekurangan ini dapat dipenuhi oleh dosimeter biologi sebagai cara untuk memprediksi dosis yang diterima tubuh

berdasarkan pada perubahan yang terjadi pada sampel biologi, seperti pemeriksaan urine dan WBC^[4].

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.

Tabel-1. Nilai Faktor Bobot Berbagai Organ Tubuh

NO.	ORGAN ATAU JARINGAN TUBUH	W_T
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

Catatan :

Harga W_T berdasarkan SK No. 01/Ka-BAPETEN/V-1999

W_T = faktor bobot organ atau faktor bobot jaringan

Semua zat radioaktif yang masuk ke dalam tubuh disebut sebagai pemancar interna. Radioaktif secara kontinu meradiasi jaringan tubuh sampai dieksresikan (dikeluarkan) melalui feses 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, feses dan keringat.

ALI untuk beberapa radionuklida dapat dilihat pada tabel-2 berikut^[5] :

Tabel-2. *Annual Limit on Intake (ALI)* untuk beberapa radionuklida

No.	Radionuklida	Pancaran Radiasi	ALI (Bq)
1.	Tritium (TDO)	β^-	1E9
2.	Cobalt-60	β^-, γ	4E5
3.	Strontium	β^-	6E4
4.	Zirconium	β^-, γ	3E6
5.	Iodine -131	β^-, γ	1E6
6.	Iodine -133	β^-, γ	8E6
7.	Iodine -135	β^-, γ	4E7
8.	Cesium -137	β^-, γ	2E6

METODOLOGI

Metoda pelaksanaan pemantauan dosis interna dilakukan dengan cara menganalisis urine pekerja radiasi secara *in-vitro* (pemeriksaan urine) dan pencacahan tubuh pekerja radiasi secara *in-vivo Whole Body Counter (WBC)*. Dari hasil pelaksanaan pemantauan ini dipelajari pekerja radiasi yang indentifikasi terkena dosis interna. Pelaksanaan pemantauan dosis interna dilakukan oleh Pusat Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif (PTLR). Adapun langkah kerja dari pelaksanaan pemantauan ini adalah sebagai berikut :

Langkah Kerja

Pelaksanaan pemantauan dosis interna secara *in-vitro* dilakukan dengan memeriksa urine pekerja radiasi menggunakan alat *$\alpha \beta$ Low Background Counter* dan dilakukan di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Sampel urine didestruksi sampai kering dan ditambahkan asam nitrat pekat, kemudian dipanaskan sampai

kering untuk menghilangkan zat organik hingga terjadi endapan berwarna kuning pucat atau putih, kemudian dilarutkan endapan tersebut dalam ammonium nitrat. Proses selanjutnya diekstraksi dengan TBP dan akhirnya didapatkan larutan yang mungkin mengandung uranium, larutan tersebut dikeringkan dalam planset, kemudian dicacah planset dengan menggunakan alat $\alpha \beta$ *Low Background Counter* dicacah aktivitasnya.

Pelaksanaan analisa dosis interna secara in-vivo (WBC) menggunakan alat *Accuscan – II Canberra* dilakukan di PTLR. Persiapan pekerja radiasi yang akan dicacah dilakukan terlebih dahulu seperti, mandi / membersihkan badan, diganti pakaian dengan baju laboratorium, dipakai *shoe cover*, dilepas seluruh asesoris yang dipakai. Selanjutnya dilakukan pencacahan pekerja radiasi tersebut dengan tahapan yang dilakukan, pencacahan *Full Scan* dipilih program “*Abacos – PC*” kemudian dipilih *Special Operation* selanjutnya dipilih menu *Start Collect*. Subyek yang akan dicacah segera masuk ke dalam ruangan pada alat *Accuscan II* dengan posisi berdiri dan menghadap muka, diperlukan waktu antara 10 sampai dengan 15 menit untuk melakukan pencacahan, setelah pencacahan selesai data hasil cacahan disimpan (*save*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pemeriksaan urine dan pemeriksaan WBC untuk pekerja radiasi yang bekerja di laboratorium PTBN diberlakukan secara uji petik dan atau apabila dianggap perlu. Pekerja radiasi yang mendapat pemeriksaan ini diprioritaskan bagi pekerja radiasi yang bekerja menangani uranium dalam keadaan terbuka. Disamping itu juga disebabkan karena keterbatasan alat dan waktu untuk mengevaluasi hasil dari pemeriksaan urine dan WBC pekerja radiasi tersebut. Namun demikian hal ini tidak perlu dikhawatirkan, karena setiap pekerja radiasi minimal setiap tahunnya akan dijadwalkan untuk melakukan pemeriksaan urine dan pemeriksaan WBC. Pemonitoran lainnya yang secara terus menerus dilakukan ialah pemantauan dosis eksterna pekerja radiasi dengan menggunakan TLD. Kemudian hasil akhir dari pemantauan dosis interna tersebut akan digabung dengan hasil pemantauan dosis eksterna yang selanjutnya dinamakan dengan Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST). Hasil pemeriksaan urine pekerja radiasi dan hasil WBC selama tahun 2009 dapat dilihat pada Tabel-3 sampai dengan Tabel-6.

Pada Tabel-3 untuk triwulan I dapat dilihat hasil dari pemeriksaan urine dan pemeriksaan WBC pekerja radiasi pada periode tersebut, untuk semua personil tidak menunjukkan dosis interna yang terdeteksi.

Tabel-3. Hasil pemeriksaan Urine dan WBC pada Triwulan I

NO.	NAMA	URINE		WBC		
		Aktivitas U-Total (Bq)	H _E (mSv)	RN	Aktivitas (Bq)	H _E (mSv)
1.	A	ttd	-	ttd	-	-
2.	B	ttd	-	ttd	-	-
3.	C	ttd	-	ttd	-	-
4.	D	ttd	-	ttd	-	-
5.	E	ttd	-	ttd	-	-
6.	F	ttd	-	ttd	-	-
7.	G	ttd	-	ttd	-	-
8.	H	ttd	-	ttd	-	-
9.	I	ttd	-	ttd	-	-
10.	J	ttd	-	ttd	-	-
11.	K	ttd	-	ttd	-	-
12.	L	ttd	-	ttd	-	-

Keterangan :

H_E : Dosis terikat efektif

RN : Radionuklida terdeteksi

ttd : tidak terdeteksi

Tabel-4. Hasil pemeriksaan Urine dan WBC pada Triwulan II

NO.	NAMA	URINE		WBC		
		Aktivitas U-Total (Bq)	H _E (mSv)	RN	Aktivitas (Bq)	H _E (mSv)
1.	M	ttd	-	ttd	-	-
2.	N	ttd	-	ttd	-	-
3.	O	ttd	-	ttd	-	-
4.	P	ttd	-	ttd	-	-
5.	Q	ttd	-	ttd	-	-
6.	R	ttd	-	ttd	-	-
7.	S	0.09	0.07	ttd	-	-
8.	T	ttd	-	ttd	-	-
9.	U	ttd	-	ttd	-	-
10.	V	ttd	-	ttd	-	-
11.	W	ttd	-	ttd	-	-
12.	X	ttd	-	ttd	-	-
13.	Y	ttd	-	ttd	-	-
14.	Z	ttd	-	ttd	-	-

Keterangan :

H_E : Dosis terikat efektif

RN : Radionuklida terdeteksi

ttd : tidak terdeteksi

Untuk Tabel 4 triwulan II dapat dilihat hasil evaluasi dari pemeriksaan urine dan hasil evaluasi dari pemeriksaan WBC pekerja radiasi untuk PTBN, personil berinisial S dari gedung 20 menunjukkan dari hasil analisis urine (dosis interna) diketahui terdapat kontaminasi uranium dengan aktivitas U -Total terdeteksi sebesar 0,09 Bq dengan dosis terikat efektif (H_E) sebesar 0,07 mSv dan hasil pantauan dengan menggunakan TLD selama tahun 2009 (dosis eksterna) pekerja radiasi tersebut diketahui ttd (tidak terdeteksi). Bila dosis interna tersebut dijumlahkan dengan dosis eksterna hasilnya dinamakan DEST. Walaupun pekerja radiasi yang berinisial S tersebut terdeteksi terkena dosis interna sebesar 0,07 mSv, namun total DEST nya jauh berada dibawah nilai batas dosis (NBD) yaitu 50 mSv/tahun. Mengingat saat ini sedang dilakukan peralihan dari NBD 50 mSv/tahun (berdasarkan *ICRP* 26) ke NBD 20 mSv/tahun (berdasarkan *ICRP* 60), apabila hal ini dihubungkan dengan aturan baru yang akan diberlakukan, hasilnya masih berada di bawah 20 mSv/tahun. Pada triwulan III dilakukan kembali pemeriksaan urine pekerja radiasi berinisial S dan hasilnya terdapat pada Tabel-5.

Tabel-5. Hasil pemeriksaan Urine dan WBC pada Triwulan III

NO.	NAMA	URINE		WBC		
		Aktivitas U-Total (Bq)	H_E (mSv)	RN	Aktivitas (Bq)	H_E (mSv)
1.	Ax	ttd	-	ttd	-	-
2.	Bx	ttd	-	ttd	-	-
3.	Cx	ttd	-	ttd	-	-
4.	Dx	ttd	-	ttd	-	-
5.	Ex	ttd	-	ttd	-	-
6.	S	ttd	-	ttd	-	-
7.	Gx	ttd	-	ttd	-	-

Keterangan :

H_E : Dosis terikat efektif

RN : Radionuklida terdeteksi

ttd : tidak terdeteksi

Data pada Tabel-5 untuk triwulan III dapat dilihat hasil evaluasi dari pemeriksaan urine dan WBC untuk pekerja radiasi di PTBN dengan hasil pemantauan seluruhnya ttd (tidak terdeteksi), termasuk pekerja radiasi yang berinisial S yang sebelumnya pada triwulan II hasil pemeriksaan urinenya terdeteksi. Pemeriksaan ulang pada triwulan III dan triwulan IV yang dilakukan terhadap pekerja radiasi S ini menunjukkan lebih menyakinkan lagi bahwa pekerja radiasi tersebut tidak terkena radiasi interna dari pekerjaan yang dilakukannya.

Tabel-6. Hasil pemeriksaan Urine dan WBC pada Triwulan IV

NO.	NAMA	URINE		WBC		
		Aktivitas U-Total (Bq)	H _E (mSv)	RN	Aktivitas (Bq)	H _E (mSv)
1.	Hx	ttd	-	ttd	-	-
2.	Ix	ttd	-	ttd	-	-
3.	Jx	ttd	-	ttd	-	-
4.	Kx	ttd	-	ttd	-	-
5.	Lx	ttd	-	ttd	-	-
6.	Mx	ttd	-	ttd	-	-
7.	Nx	ttd	-	ttd	-	-
8.	Ox	ttd	-	ttd	-	-
9.	Px	ttd	-	ttd	-	-
10.	Qx	ttd	-	ttd	-	-
11.	Rx	ttd	-	ttd	-	-
12.	Sx	ttd	-	ttd	-	-
13.	Tx	ttd	-	ttd	-	-
14.	Ux	ttd	-	ttd	-	-
15.	Vx	ttd	-	ttd	-	-

Keterangan :

H_E : Dosis terikat efektif

RN : Radionuklida terdeteksi

ttd : tidak terdeteksi

Untuk triwulan IV terlihat hasil evaluasi dari pemeriksaan urine dan hasil evaluasi dari pemeriksaan WBC pekerja radiasi untuk semua personil tidak menunjukkan dosis yang terdeteksi.

Dari data yang tertera pada Tabel 3 sampai dengan Tabel 6 yang dilaksanakan bulan Januari sampai dengan Desember 2009 dapat kita lihat hasil pemeriksaan urine dan WBC menunjukkan hasilnya berada di bawah rata-rata dari dosis yang diizinkan, berdasarkan Keputusan Kepala Bapeten No. 01/Ka-BAPETEN/V-99 yaitu DEST untuk pekerja radiasi dalam 1 tahun sebesar 50 mSv/tahun untuk dosis eksternal dan internal.

KESIMPULAN

Pemantauan dosis internal pekerja radiasi di PTBN Tahun 2009 dapat disimpulkan bahwa hasil pemeriksaan urine dan pemeriksaan WBC untuk triwulan I sampai dengan triwulan IV menunjukkan hasilnya berada di bawah dosis yang diizinkan, pada triwulan II untuk pekerja radiasi yang berinisial S dari hasil

pemeriksaan urinenya terdeteksi terdapat U-total sebesar 0,09 Bq dengan dosis terikat efektif (H_E) sebesar 0,07 mSv, sedangkan untuk dosis eksterna pekerja radiasi tersebut diketahui ttd (tidak terdeteksi). Selanjutnya pada triwulan III dilakukan kembali pemeriksaan urine untuk pekerja radiasi S dengan hasil ttd (tidak terdeteksi). Dari hasil ini dapat disimpulkan selama kegiatan di laboratorium PTBN tahun 2009, seluruh pekerja radiasi PTBN aman dari bahaya radiasi interna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pejabat dan staf BKL-PTLR yang telah bekerja sama dalam pemeriksaan urine dan pemeriksaan WBC yang dilakukan setiap tahun terhadap personil di lingkungan PTBN.

DAFTAR PUSTAKA

1. BATAN, "Keputusan Kepala BATAN No.123/KA/VIII/2007 tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN", Jakarta, tahun 2007.
2. BAPETEN, "Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-1999", Jakarta, tahun 1999.
3. ANONIM, "Prosedur Pemantauan Dosis Radiasi Personil (Revisi 2)", No. dokumen KK21D11001, revisi 2, Tahun 2006 .
4. ANONIM, [www. Bapeten.go.id](http://www.Bapeten.go.id) – "Dosis Eksterna dan Dosis Interna", Juni 2010.
5. ANONIM, Pusdiklat, "Pelatihan Penyegaran Proteksi Radiasi Instalasi Nuklir", Jakarta, 19 – 23 April 2010.