

MANAJEMEN PEMANTAUAN DAN PEMBACAAN DOSIS INTERNAL DAN EKSTERNAL PEKERJA RADIASI DI PTBBN TAHUN 2017

Farida, Sri Wahyuningsih, Arca Datam S
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Pemegang Izin (PI) harus melaksanakan pemantauan dosis radiasi yang diterima Pekerja Radiasi baik paparan radiasi internal maupun paparan radiasi eksternal, paling sedikit 1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan sesuai dengan Perka Bapeten No. 14 Tahun 2013, Pasal 34. Dalam hal Pekerja Radiasi berpotensi menerima paparan radiasi, untuk hal tersebut PTBBN melakukan manajemen pemantauan dan pembacaan data dosis internal dan eksternal mulai dari perencanaan, berkoordinasi dengan PPIKSN sebagai penyelenggara pemantauan dan pembacaan dosis personil, persiapan dan pelaksanaan, perekaman kartu dosis, evaluasi hasil pemantauan dan pengiriman FIDOS ke Bapeten. Dari hasil evaluasi pemantauan dosis pekerja radiasi baik internal maupun eksternal PTBBN tahun 2017, dosis radiasi internal pekerja radiasi melalui pemantauan langsung *in-vivo* dengan *whole body counter*, hasil pemantauan radionuklida semua pekerja radiasi tidak terdeteksi (**tttd**) karena dosis lebih kecil dari **0,01 mSv**, sedangkan dosis radiasi internal dengan pemantauan tidak langsung *invitro* melalui analisis *urine*, hasil analisis tertinggi U-Total sebesar **0,04 Bq** dan E50 sebesar **0,03 mSv**. Untuk dosis radiasi eksternal personil pekerja radiasi paling tinggi **0,28 mSv** untuk Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] dan **0,12 mSv** untuk Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07]. Hasil pemantauan ini menunjukkan bahwa tidak ada pekerja radiasi yang melampaui NBD (Nilai Batas Dosis) yaitu melebihi **20 mSv** per tahun, yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Data pembacaan dosis internal (pemantauan internal WBC dan Urine) dan eksternal dengan TLD personel dari PPIKSN direkam kedalam kartu dosis personil, di verifikasi oleh PPR kesesuaian ambang batas yg di tetapkan, evaluasi dan tindak lanjut penanganan jika melebihi ambang batas, disetujui oleh Ka. BKKABN, kemudian membuat laporan triwulan dan mengisi FIDOS, diserahkan ke Bapeten paling lama 1 bulan setelah menerima laporan dari PPIKSN. Hasil pemantauan data dosis direkam dalam kartu dosis personil, merupakan dokumen yang harus dikendalikan selama pekerja radiasi bekerja di daerah radiasi dan setelah tidak aktif bekerja selama 30 tahun, disimpan dalam sistem penyimpanan yang terkendali.

Kata Kunci : FIDOS adalah Formulir Isian Dosis Personil Pekerja Radiasi

PENDAHULUAN

Keselamatan Radiasi Pengion menurut PP 33/2007 adalah tindakan yang dilakukan untuk melindungi pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi. Untuk menjamin pelaksanaan keselamatan radiasi, PI (Pemegang Ijin) dalam setiap kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir harus memenuhi prinsip-prinsip keselamatan sebagai berikut: "Memiliki manfaat yang lebih besar dibandingkan dengan resiko yang ditimbulkan; penerimaan dosis radiasi terhadap pekerja atau masyarakat tidak melebihi nilai batas yang ditetapkan Badan Pengawas; kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir harus direncanakan dan sumber radiasi harus dirancang dan

dioperasikan untuk menjamin agar paparan radiasi dapat ditekan serendah-rendahnya (prinsip *ALARA*)”.

NBD (Nilai Batas Dosis) adalah Dosis terbesar yang diizinkan sesuai peraturan yang dapat diterima oleh pekerja radiasi atau anggota masyarakat, dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek genetik atau somatik yang berarti akibat pemanfaatan tenaga nuklir.

Untuk memastikan NBD bagi pekerja dan masyarakat tidak terlampaui, maka PI wajib menetapkan pembagian daerah kerja, pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja; serta pemantauan radioaktivitas lingkungan di luar fasilitas atau instalasi; dan pemantauan dosis yang diterima pekerja. Pembagian daerah kerja untuk pekerja radiasi dan masyarakat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. NBD untuk pekerja radiasi dan masyarakat sesuai Perka Bapeten No. 14 tahun 2013

No.	Tipe Pembatas Dosis Radiasi	Pekerja radiasi	Masyarakat
1	Dosis efektif (seluruh tubuh)	20 mSv	1 mSv
2	Lensa mata	20 mSv	15 mSv
3	Kulit	500 mSv	50 mSv
4	Kaki dan Tangan	500 mSv	50 mSv

Perka Bapeten No. 14 Tahun 2013, Pasal 34 [1]: Pemegang Izin harus melakukan pemantauan dosis yang diterima pekerja radiasi yang bekerja di daerah kerja yang penerimaan dosis total tahunannya dapat melampaui **0.3 NBD** tahunan, perlu diikuti sertakan dalam program pemantauan dosis paling sedikit 1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan, baik pemantauan dosis radiasi eksternal maupun internal. Pemantauan dosis radiasi eksternal adalah pemantauan dosis pekerja radiasi dimana sumber radiasi berada di luar tubuh menggunakan peralatan pemantauan dosis perorangan jenis *thermoluminiscence dosimeter (TLD) badge*. Pemantauan dosis radiasi internal adalah pemantauan dosis dimana sumber radiasi berada di dalam tubuh pekerja radiasi yang berpotensi menerima paparan radiasi internal, dilakukan melalui pengukuran: *in-vivo* dengan *whole body counter*; dan/atau *in-vitro* dengan teknik *bioassay*.

Tujuan pemantauan dosis radiasi internal dan eksternal ini dimaksudkan antara lain: pengawasan penerimaan dosis radiasi pada pekerja dan sekaligus untuk

mengevaluasi kondisi daerah kerja; pengawasan penerimaan dosis pada pekerja radiasi yang berpotensi menerima paparan radiasi internal yang juga merupakan bagian dari program proteksi radiasi, merupakan sarana untuk menjamin kondisi kerja yang aman dan terkendali; pemantauan dosis radiasi internal diperlukan bagi mereka yang bekerja dengan bahan radioaktif, terutama bahan radioaktif terbuka; tidak semua pekerja radiasi memerlukan pemantauan dosis radiasi internal, hanya mereka yang bekerja dalam daerah kerja dengan potensi bahaya radiasi internal tinggi saja yang memerlukan pemantauan dosis internal. Pemantauan dosis radiasi juga berlaku bagi pekerja tidak tetap, misalnya tamu ahli, peneliti, mahasiswa dan lain-lain yang bekerja dalam jangka waktu lebih dari 6 bulan.

Pembacaan dosis internal dan eksternal pekerja radiasi dilakukan di PPIKSN (Pusat Pendayagunaan Informatika dan Kawasan Strategis Nuklir). Dosis eksternal melalui pembacaan TLD untuk Dosis Ekuivalen Kulit, Hp(0,07); Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh, Hp (10); Dosis Ekuivalen Lensa Mata, Hp (3) serta Dosis Ekuivalen tangan/kaki, Hp(0,07). Pengukuran Hp(10) pada umumnya sudah memadai untuk monitoring perorangan. Jika di daerah kerja ada sumber radiasi energi lemah (beta atau foton) $E < 15$ KeV, pengukuran Hp(0,07) perlu dipertimbangkan. Namun jika hasil pengukuran Hp(10) dan Hp(0,07) perbedaannya tidak signifikan, maka cukup mengukur Hp(10). Jenis Dosimeter *Thermoluminesens* (TLD) yang umum digunakan untuk dosimeter personal: Tipe BG – 0110, Tipe BG – 7001, Tipe BGN – 7767, Tipe BGN – 7776, Tipe BG – 0770. Jenis yang digunakan di IRM dan IEBE adalah Tipe BG – 0110. Pemilihan Dosimeter Perorangan tergantung pada jenis pemantauan rutin, pemantauan karena tugas ataupun pemantauan khusus. Untuk pemantauan rutin, dosimeter *foton* memberikan informasi dosis ekuivalen perorangan Hp(10), Dosimeter *beta-foton* memberikan informasi dosis ekuivalen perorangan Hp(0,07) dan Hp(10) serta Dosimeter *neutron* memberikan informasi dosis ekuivalen Hp(10). Untuk pemantauan karena tugas. Selain menggunakan dosimeter personal rutin juga menggunakan dosimeter tambahan (*Pendose*) berupa elektronik dosimeter yang dapat dibaca langsung dan beralarm untuk menseting lamanya waktu bekerja, sedangkan pemantauan khusus dalam situasi abnormal, pekerja hendaknya dilengkapi dengan dosimeter yang mampu memberikan perkiraan dosis efektif dan dosis organ, mampu mendeteksi dosis *foton* sampai 10 Gy. Dosimeter tersebut tidak harus sangat akurat tetapi mudah memberikan informasi dosis khususnya untuk medan radiasi tinggi.

Cara Pemakaian Dosimeter Perorangan dapat dilakukan jika radiasi yang dominan adalah radiasi dengan daya tembus kuat maka Dosimeter Perorangan (DP) dipakai di

daerah *trunk*, Jika sumber radiasi dari arah depan, *rotationally, isotropik*, dianjurkan DP dipakai didaerah *torso* (antara bahu dan pinggang).

Pengukuran dosis radiasi internal metode pemantauan langsung, dengan pengukuran radionuklida di dalam tubuh atau organ tubuh secara langsung dengan menggunakan pencacah seluruh tubuh (*Whole Body Counter/ Organ Counter*). Biasanya disebut pemantauan seluruh tubuh (*whole body monitoring*) atau pencacahan seluruh tubuh (*whole body counting*). Pemantauan langsung hanya dapat diterapkan untuk mendeteksi radionuklida berdaya tembus tinggi seperti: sinar gamma, sinar-x yang sangat tepat untuk mengukur produk fisi dan produk aktivasi. Hasil pengukuran dapat diketahui dengan cepat (kualitatif dan kuantitatif). Hasil pengukuran dapat digunakan untuk menghitung aktivitas radionuklida dalam seluruh tubuh atau dalam bagian tubuh tertentu dan membutuhkan kehadiran pekerja di fasilitas pengukuran. Fasilitas dan alat yang dibutuhkan untuk pemantauan ini adalah khusus, *well-shielded*, dan biasanya sangat mahal. Hasil pengukuran dapat memberikan informasi tentang retensi total body dan biokinetik. Peralatan *whole body counting* (WBC) ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peralatan *whole body counting* (WBC) untuk analisis dosis internal secara langsung

Pemantauan dosis radiasi internal dengan cara tidak langsung yaitu pengukuran radionuklida di dalam tubuh melalui analisis hasil metabolisme tubuh misal *urine, feces*,

keringat dll, dapat digunakan untuk pemantauan radionuklida pemancar *alfa*, *beta* maupun *gamma*, pelaksanaannya tidak mengganggu waktu/kegiatan pekerja, memerlukan proses preparasi dan analisis kimia (perlu adanya fasilitas laboratorium radiokimia), memerlukan beberapa alat cacah sesuai dengan jenis radiasi yang diukur. Hasil analisis tidak dapat langsung diketahui mulai dari preparasi hingga evaluasi memerlukan waktu lebih dari 2 hari. Hasil pengukuran sampel tidak dapat langsung dikaitkan dengan aktivitas radionuklida di dalam tubuh/organ tubuh (perlu analisis dan perhitungan lebih lanjut dengan didasarkan pada model metabolisme atau model biokinetik). Peralatan *alpha*, *betha counter* untuk analisis dosis internal dengan *invitro* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peralatan alpha, betha counter untuk analisis dosis internal dengan invitro

METODOLOGI

Pengendalian dan manajemen sistem data dosis radiasi internal dan eksternal di PTBBN (Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir) mengikuti SOP 027.002/KN 02 01/BBN 5.1 dan SOP 026.002/KN 04 04/BBN 5.1 Pemantauan Dosis Radiasi Personil Laboratorium di IEBE (Instalasi Elemen Bakar Eksperimental) dan IRM (Instalasi Radiometalurgi)^[2], meliputi kegiatan antara lain: perencanaan, berkoordinasi dengan PPIKSN terkait pembacaan dosis personil, persiapan dan melaksanakan pemantauan dosis, pengelolaan dan pembacaan dosis di PPIKSN, perekaman kartu dosis dan FIDOS (Formulir Isian Dosis), evaluasi hasil pemantauan serta pelaporan hasil.

Perencanaan Program

Bidang Pemantauan Dosis Personel dan Lingkungan - PPIKSN menetapkan jadwal tahunan bagi setiap Pusat yang akan melakukan pemantauan dosis personil termasuk PTBBN. Sesuai jadwal yang dikirimkan oleh PPIKSN, maka PTBBN melalui Ka. BKKABN (Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir) membuat perencanaan program dan menetapkan personel pekerja radiasi di IRM dan IEBE untuk pemantauan dosis radiasi internal dan eksternal per triwulan dan disampaikan ke PPIKSN pada saat jadwal pelaksanaan. Pemantauan dosis personil pekerja radiasi di IRM dan IEBE ditetapkan sesuai jadwal triwulan selama setahun, dan dikirim ke PPIKSN.

Persiapan dan Pelaksanaan

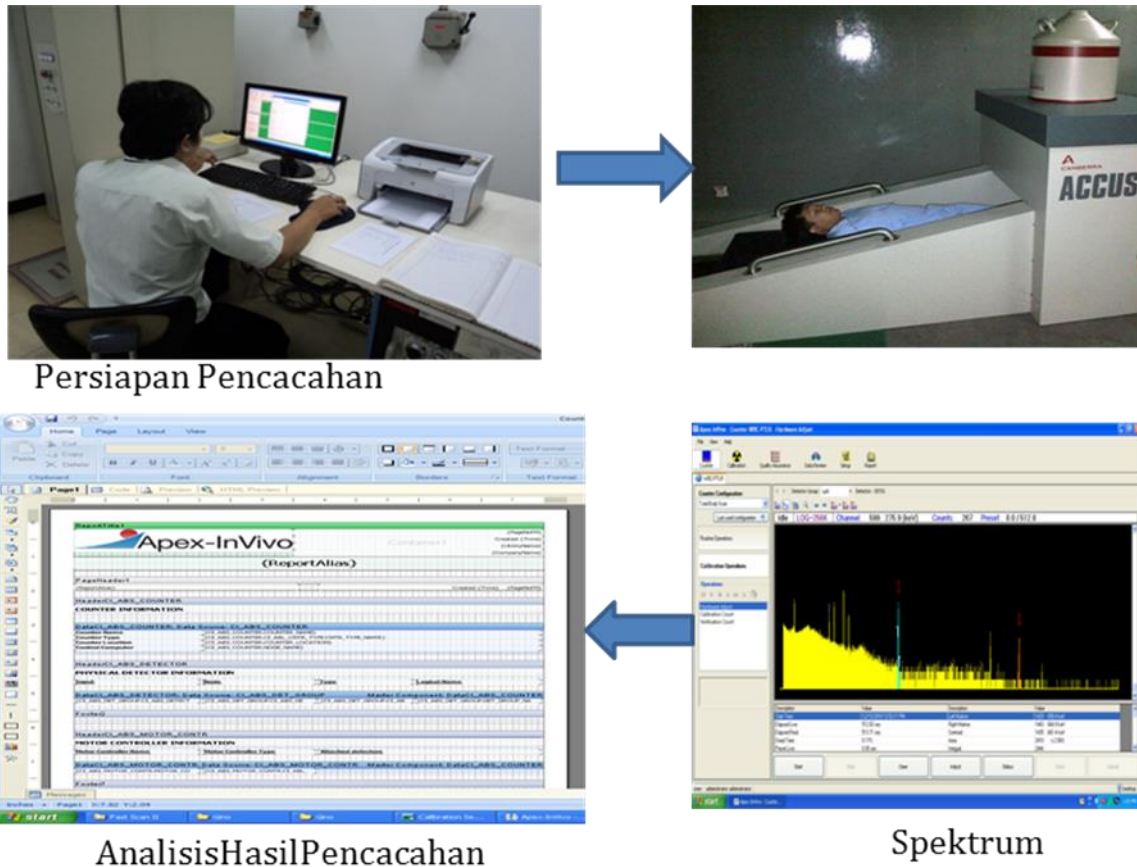
Program pemantauan dosis radiasi internal maupun eksternal dilakukan setiap triwulan I sampai triwulan IV. SBKKPR (Sub Bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi) - BKKABN mengajukan nama-nama personil pekerja radiasi yang akan dilakukan pemantauan dosis kepada Ka. BFBBN, BUR, BKKABN, BPFBBN, UJM, UPN yang ada IRM dan IEBE per triwulan sesuai program yang ditetapkan. Untuk pengukuran dosis internal secara langsung dengan *in vivo-WBC*, personil langsung menuju klinik sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan, dilakukan pengontrolan oleh petugas dari SBKKPR-BKKABN agar dapat berjalan sesuai rencana. Untuk pemantauan dosis radiasi internal menggunakan metode *in-vitro*, dengan pengambilan *urine* peserta sebanyak lebih kurang 500 cc dua hari sebelum pemeriksaan, ditampung dalam botol yang sudah dilengkapi label identitas diri personil, selanjutnya sampel *urine* dikirim ke PPIKSN sesuai jadwal yang ditetapkan.

Program pemantauan dosis eksternal, setiap pekerja Radiasi memiliki dua buah TLD (seri A dan seri B) yang digunakan secara bergantian, sehingga sistem pemantauan dosis tetap berjalan pada saat penarikan untuk digunakan pembacaan di PPIKSN. Saat pembacaan peserta menyerahkan data antara lain: Nama; Nomor Induk Pegawai (NIP); Tanggal Kelahiran; Jenis Kelamin; Unit Kerja (Bidang); Bentuk Kegiatan Pekerjaan dan Sejarah Dosis (bagi pekerja radiasi mutasi). Mengajukan surat permohonan permintaan TLD personil ke PPIKSN dengan menyerahkan data personil kepada Ka. BKKABN untuk permohonan TLD ke PPIKSN. Pada saat penerimaan TLD personil dari PPIKSN dan melakukan inventarisasi, dilanjutkan penarikan TLD yang telah dipakai selama 3 bulan untuk diajukan permohonan pembacaan. TLD baru ditempatkan sesuai nama rak personil yang terletak dekat ases masuk - keluar laboratorium.

Pengelolaan dan Pembacaan Dosis Internal dan Eksternal di PPIKSN

Pengelolaan dan pembacaan dosis radiasi personil internal menggunakan WBC dan *urine*. Sesuai jadwal personil radiasi untuk pemantauan WBC dan *urine* yang disetujui oleh PPIKSN, dengan menyediakan botol *urine* dan pengambilan *urine* sesuai jadwal personil pekerja radiasi. Pemberitahuan untuk melakukan WBC sesuai jadwal yang ditetapkan, jika personil berhalangan, maka dijadwalkan pemanggilan ulang sampai batas waktu satu tahun. Menyerahkan botol *urine* kepada PPIKSN untuk dilakukan pembacaan dosis internal. Menerima hasil pembacaan dosis internal pekerja radiasi dan melakukan perekaman hasil WBC dalam kartu dosis pekerja radiasi. Verifikasi hasil WBC personil oleh PPR sesuai ambang batas yg di tetapkan dan dilakukan evaluasi dan tindak lanjut penanganan jika melebihi ambang batas, melaporkan ke Ka. BKKABN, membuat laporan triwulan dan mengisi FIDOS untuk diserahkan ke Bapeten paling lama 1 bulan setelah menerima laporan dari PPIKSN.

Pemantauan dosis *In-vivo* (WBC) yang dilakukan di klinik KSN WBC tipe *Accuscan II* dan tipe *Bed*, dengan melakukan Pencacahan Total *Body* kemudian dilakukan Analisis Perhitungan Pemantauan WBC menggunakan *Software IMBA*. Hasil perhitungan Dosis dalam satuan *Sivert (SV)* dan langsung dapat dicetak sesuai dengan Identitas personel. Simpan hasil cetak diruang dokumentasi. Proses pemantauan secara langsung menggunakan alat WBC ditunjukkan pada Gambar 3.



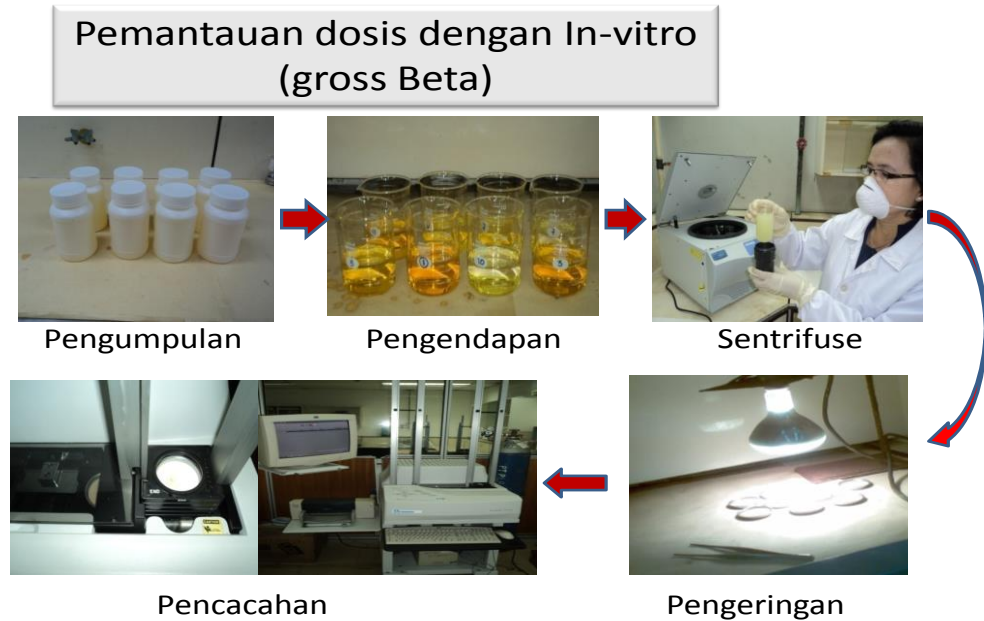
Gambar 3. Proses pemantauan secara langsung menggunakan alat WBC

Pemantauan dosis dengan *In-vitro* (Uranium Total) yang dilakukan di PPIKSN, menggunakan analisis radionuklida pemancar *alfa*, *beta* dan *gamma*. Pemantauan Uranium total dalam *urine* dilakukan melalui analisis radiokimia yang meliputi: sampel *urine* dengan volume tertentu ditambah HNO_3 (p) lalu dikeringkan di atas plat pemanas. Residu dilarutkan dalam larutan $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, Larutan diekstraksi dengan TBP. Hasil ekstraksi dimasukkan dalam planset lalu dikeringkan di bawah lampu pemanas, cacah dengan *Alfa – Beta Low Background Counter*^[3]. Proses analisis *In-vitro* Uranium Total ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses analisis *in-vitro* uranium total di dalam sampel urine

Untuk Radionuklida pemancar *beta* yang ada dalam contoh urin diendapkan dengan menambahkan *Reagen Sulkowitch* (campuran Amm-Oksalat dan Asam Oksalat dalam jumlah yang sama dan dilarutkan Aquades dan diencerkan dengan asam Acetat glacial). Endapan dibiarkan selama lebih kurang 6 jam, kemudian endapan disentrifuse. Endapan dicuci dengan larutan Ammonium Oksalat 0,1 %. Endapan disentrifuse kembali. Endapan dimasukkan dalam planset dan dikeringkan di bawah lampu pemanas, cacah dengan *Alfa – Beta Low Background Counter*^[4]. Proses analisis radionuklida pemancar beta di dalam sampel urine ditunjukkan pada Gambar 5.



4/3/2017

Badan Tenaga Nuklir Nasional

18

Gambar 5. Proses analisis radionuklida pemancar beta di dalam sampel urine

Data hasil pengukuran memberikan informasi mengenai jumlah aktivitas radionuklida di dalam tubuh/organ tubuh atau konsentrasi aktivitas radionuklida di dalam sampel ekskresi.

Dari hasil cacahan sampel urin akan diperoleh konsentrasi aktivitas radionuklida dalam hasil ekskresi. Untuk melakukan perhitungan dosis radiasi internal, langkah awal yang harus dilakukan adalah menghitung *in-take* radionuklida yang masuk ke dalam tubuh. Dalam melakukan perhitungan *in-take* ini ada beberapa informasi yang dibutuhkan yaitu^[5]:

- Prakiraan waktu terjadinya *in-take*
- Jenis dan sifat kimia/fisika radionuklida
- Tipe penyerapan radionuklida dalam saluran pernafasan (F, M, S)
- Parameter dosimetri lainnya yaitu : fraksi intake radionuklida berdasarkan fungsi retensi dan ekskresi serta ukuran partikel radionuklida (AMAD 1 μm atau 5 μm)

Sehingga dapat ditentukan Dosis internal dengan menggunakan rumus (1):

$$E_{50} = I(t) \times e(g) \quad (1)$$

E_{50} : Dosis terikat efektif (Sv).

$I(t)$: Intake radionuklida ke dalam tubuh (Bq).

$e(g)$: Faktor konversi dosis per satuan intake (Sv/Bq).

Besaran nilai fraksi *intake* : $m(t)$ dan faktor konversi dosis persatuan *intake* : $e(g)$ untuk setiap jenis radionuklida dapat dilihat dalam tabel ICRP no.68 atau *Safety Report Series No.37* .

Pengelolaan dan pembacaan dosis radiasi personil eksternal dengan TLD

a. Persiapan TLD :

Sebelum TLD digunakan oleh pekerja, dilakukan annealing terhadap TLD dengan tujuan untuk mengosongkan dosis pada TLD.

b. Pembacaan TLD:

TLD dibaca dengan menggunakan TLD reader model 6600. Pembacaan TLD didahului dengan pembacaan TLD blanko. Periode pembacaan TLD : 3 bulan

c. Evaluasi TLD

Dosis radiasi yang diterima pekerja diperoleh dengan menggunakan formula (2)^[6]:

$$D = \frac{\{(B \times ECC) - (B_0 \times ECC_0)\}}{RCF} \quad (2)$$

D : Dosis perorangan yang diterima pekerja (mSv)

B : Bacaan TLD pekerja (nC)

ECC : Faktor koreksi elemen TLD pekerja

B₀ : Bacaan TLD blanko (nC)

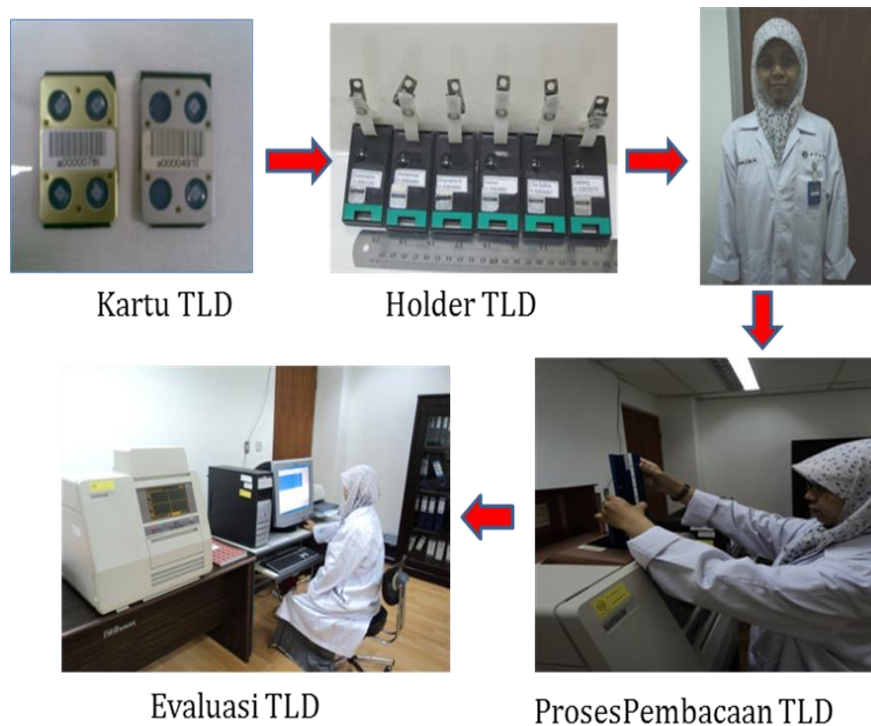
ECC : Faktor koreksi elemen TLD blanko

RCF : Faktor kalibrasi TLD Reader (*Reader Calibration Factor*) (nC/mSv)

H_p(10) diperoleh dari elemen TLD (0,15") dibawah filter 1000 mg/cm² (0,040"ABS + 162"PTFE)

H_p(0,07) diperoleh dari elemen TLD(0,15") open window di bawah filter mylar 17 mg/cm².

Proses pembacaan dosis eksternal TLD ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses pembacaan TLD

Perekaman Kartu Dosis dan FIDOS, Evaluasi dan Pelaporan

Data pembacaan dosis internal (pemantauan internal WBC dan Urine) dan eksternal dengan TLD personel yang diperoleh dari PPIKSN setiap triwulan, direkam ke dalam kartu dosis personal. Verifikasi data dosis personal dilakukan oleh PPR terhadap kesesuaian ambang batas yang ditetapkan serta evaluasi dan tindak lanjut penanganan jika melebihi ambang batas, dilaporkan dan disetujui oleh Ka. BKKABN. Membuat laporan triwulan dan mengisi FIDOS untuk diserahkan ke Bapeten paling lama 1 bulan setelah menerima laporan dari PPIKSN.

Rekaman hasil pemantauan data dosis direkam dalam kartu dosis personal, merupakan dokumen yang harus dikendalikan selama pekerja radiasi bekerja di daerah radiasi dan setelah tidak aktif bekerja selama 30 tahun, disimpan dalam sistem penyimpanan yang terkendali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengacu kepada Perka Bapeten No 4 tahun 2014 bahwa nilai batas dosis (NBD) untuk NBD seluruh tubuh: 20 mSv per tahun atau 10 μ Sv per jam, NBD wanita dalam usia subur: 13 mSv per 13 minggu, NBD wanita hamil: 10 mSv sampai melahirkan, NBD lensa mata: 150 mSv per tahun, NBD kulit: 500 mSv per tahun, NBD tangan, lengan, kaki dan

tungkai: 500 mSv per tahun, NBD siswa magang usia 16 – 18 tahun: 0,3 dari NBD pekerja radiasi, NBD yang direncanakan: 2 kali NBD per tahun atau 5 kali NBD untuk seumur hidup, NBD anggota masyarakat: 0,1 dari NBD pekerja radiasi. Tabel 2 menunjukkan jumlah TLD yang diajukan ke PPIKSN untuk dilakukan pembacaan pada seri A dan B secara bergantian

Tabel 2. Jumlah TLD pekerja radiasi PTBBN

NO.	BIDANG / UNIT	JUMLAH TLD				
		Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Jumlah
1	BFBBN	49	50	49	51	199
2	BUR	41	39	39	39	158
3	BPFBBN	37	34	34	34	139
4	BKKABN	23	24	23	23	93
5	UPN	20	17	17	17	71
6	UJM	2	2	2	2	8
7	Ka. PTBBN	1	1	1	1	4
	Jumlah	173	166	165	165	672

Pemantauan dosis radiasi eksternal diberikan dalam bentuk Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) atau Hp(0,07) dan Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST) atau HP(10). Hasil pembacaan TLD untuk beberapa karyawan yang hasilnya terdeteksi, dapat dilihat sebagai berikut :

A. Triwulan I

Hasil pembacaan TLD pada periode Januari – Maret 2017 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pembacaan TLD seri-B (Januari s.d Maret 2017)

Bidang/Unit	Jumlah TLD terdeteksi	Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] (mSv)	Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	10	0 - 0,06	0,03 - 0,11
BUR	9	0,03 - 0,28	Tidak diukur
BPFBBN	1	0,05	Tidak diukur
BKKABN	1	0,08	Tidak diukur
UPN	0	0	Tidak diukur
UJM	0	0	Tidak diukur
Nilai Batas Dosis (NBD) DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Berdasarkan data pada tabel di atas, dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi selama tiga bulan masih dibawah NBD.

Pada periode Januari – Maret 2017 ini pekerja radiasi PTBBN yang diusulkan melakukan WBC sebanyak 33 orang, hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedang yang melakukan analisa *urine* sebanyak 26 personil (termasuk 10 personil PTBBN yang ada di Gd 07 PSTA). Hasil pembacaan *urine* ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil analisa urine pada periode ini masih di bawah NBD.

Tabel 4. Hasil analisa *urine* (Januari s/d Maret 2017)

Bidang/Unit	Jumlah (orang)	Yang Terdeteksi (orang)	U-Total	
			A (Bq)	E ₅₀ (mSv)
BFBBN	19	0	0	0
BUR	4	0	0	0
BKKABN	3	2	0 - 0,02	0 - 0,01

B. Triwulan II

Hasil pembacaan TLD pada periode April s/d Juni 2017 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pembacaan TLD seri-B (April s/d Juni 2017)

Bidang/Unit	Jumlah TLD terdeteksi	Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] (mSv)	Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	7	0 - 0,03	0,03 - 0,04
BUR	3	0,09-0,18	Tidak diukur
BPFBBN	1	0,03	Tidak diukur
BKKABN	0	0	Tidak diukur
UPN	0	0	Tidak diukur
UJM	0	0	Tidak diukur
Nilai Batas Dosis (NBD) DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Pada periode April - Juni 2017 ini pekerja radiasi PTBBN yang diusulkan melakukan WBC sebanyak 33 orang, hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedang yang melakukan analisa *urine* sebanyak 16 personil. Hasil pembacaan *Urine* ditunjukkan pada tabel 6. Hasil analisa *urine* pada periode ini masih di bawah NBD.

Tabel 6. Hasil analisa *urine* (April s/d Juni 2017)

Bidang/Unit	Jumlah (orang)	Yang Terdeteksi (Orang)	U-Total	
			A (Bq)	E ₅₀ (mSv)
BFBBN	2	0	0	0
BUR	5	0	0	0
BPFBBN	4	0	0	0
BKKABN	5	2	0,02 - 0,03	0,01 - 0,02

C. Triwulan III

Pemantauan dosis radiasi eksternal diberikan dalam bentuk Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) atau Hp(0,07) dan Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST) atau HP(10). Hasil pembacaan TLD untuk beberapa karyawan yang hasilnya terdeteksi, dapat dilihat sebagai berikut : Hasil pembacaan TLD pada periode Juli - September 2017 ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil pembacaan TLD seri-B (Juli s/d September 2017)

Bidang/Unit	Jumlah TLD terdeteksi	Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] (mSv)	Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	11	0 - 0,05	0,03 - 0,12
BUR	4	0,03 - 0,11	tidak diukur
BPFBBN	1	0,05	tidak diukur
BKKABN	1	0,03	tidak diukur
UPN	0	0	Tidak diukur
UJM	0	0	Tidak diukur
Nilai Batas Dosis (NBD) DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Berdasarkan data pada tabel di atas, dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi selama tiga bulan masih di bawah NBD.

Pada periode Juli - September 2017 ini pekerja radiasi PTBBN yang diusulkan melakukan WBC sebanyak 33 orang, hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedang yang melakukan analisa *urine* sebanyak 16 personil. Hasil pembacaan *urine* ditunjukkan pada tabel 8. Hasil analisa *urine* pada periode ini masih di bawah NBD.

Tabel 8. Hasil pembacaan *urine* (Juli s/d September 2017)

Bidang/Unit	Jumlah (orang)	Yang Terdeteksi (orang)	U-Total	
			A (Bq)	E ₅₀ (mSv)
Ka. PTBBN	1	0	0	0
BFBBN	5	3	0,02 – 0,04	0,01 – 0,03
BUR	7	1	0,02	0,01
BPFBBN	2	1	0,01	0
BKKABN	2	0	0	0

D. Triwulan IV

Pada triwulan IV ini, pembacaan TLD termasuk 4 personil PTBBN yang berada di Gd 07 PSTA Yogyakarta. Pemantauan dosis radiasi eksternal diberikan dalam bentuk Dosis Ekuivalen Kulit (DEK) atau Hp(0,07) dan Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST) atau HP(10). Hasil pembacaan TLD pada periode Oktober - Desember 2017 ditunjukkan pada Tabel 9

Tabel 9. Hasil pembacaan TLD seri-A (Oktober - Desember 2017)

Bidang/Unit	Jumlah TLD terdeteksi	Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] (mSv)	Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	2	0	0-0,04
BUR	4	0,03-0,13	Tidak diukur
BPFBBN	0	0	Tidak diukur
BKKABN	0	0	Tidak diukur
UPN	0	0	Tidak diukur
UJM	0	0	Tidak diukur
Nilai Batas Dosis (NBD) DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Dari tabel di atas, dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi selama tiga bulan masih di bawah NBD.

Pada periode Oktober - Desember 2017 ini pekerja radiasi PTBBN yang diusulkan melakukan WBC sebanyak 33 orang, hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida,

sedang yang melakukan analisa urine sebanyak 16 personil. hasil pembacaan *Urine* ditunjukkan pada tabel 10. Hasil analisa *urine* pada periode ini masih dibawah NBD.

Tabel 10. Hasil analisa *urine* (Oktober – Desember 2017)

Bidang/Unit	Jumlah (orang)	Yang Terdeteksi (Orang)	U-Total	
			A (Bq)	E ₅₀ (mSv)
BFBBN	5	2	0-0,01	0-0,01
BUR	4	2	0-0,01	0-0,01
BPFBBN	2	0	0	0
BKKABN	5	0	0	0

Jumlah pekerja yang dipantau selama tahun 2017 sebanyak 173 pekerja radiasi dengan 672 TLD (seri A dan B), 132 pekerja radiasi yang melakukan *in vivo* - WBC dan 74 pekerja radiasi yang mengikuti *invitro-urine*. Dari hasil pemantauan dosis pekerja radiasi baik eksternal maupun internal PTBBN tahun 2017, dosis radiasi eksternal personil pekerja radiasi yang paling tinggi **0,28 mSv** untuk Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] dan **0,12 m Sv** untuk Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07]. Untuk dosis internal pekerja radiasi melalui pemantauan langsung *in-vivo* dengan *whole body counter*, hasil pemantuan radionuklida adalah semua pekerja radiasi tidak terdeteksi (ttt) karena dosis lebih kecil dari **0,01 mSv**, sedangkan dosis internal dengan pemantauan tidak langsung *invitro* melalui analisis *urine*, hasil analisis tertinggi U-Total sebesar **0,04 Bq** dan E50 sebesar **0,03 mSv**.

Hasil ini menunjukkan bahwa pada tahun 2017 tidak ada personel pekerja radiasi yang menerima dosis radiasi baik internal maupun eksternal melebihi NBD. Jika dalam pemantauan rutin tiga bulanan atau pemantauan tidak rutin dosis pekerja radiasi melebihi NBD, maka akan dilakukan penanganan terhadap pekerja radiasi tersebut sesuai dengan SOP Pemantauan Dosis Radiasi Personil Laboratorium IRM dan IEBE.

KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi pemantauan dosis pekerja radiasi baik eksternal maupun internal PTBBN tahun 2017, untuk dosis radiasi eksternal personil pekerja radiasi dengan jumlah **672** TLD seri A dan B, yang paling tinggi **0,28 mSv** untuk Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] dan **0,12 mSv** untuk Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07]. Dosis internal pekerja radiasi melalui pemantauan langsung *in-vivo* dengan *whole body counter*, hasil pemantauan radionuklida adalah semua pekerja radiasi tidak terdeteksi (ttt) karena

dosis lebih kecil dari **0,01** mSv, sedangkan dosis internal dengan pemantauan tidak langsung *invitro* melalui analisis *urine*, hasil analisis tertinggi U-Total sebesar **0,04** Bq dan E50 sebesar **0,03** mSv. Hasil pemantauan ini menunjukkan bahwa tidak ada pekerja radiasi yang melampaui NBD (Nilai Batas Dosis) melebihi **20 mSv** per tahun, yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Hal ini memberikan gambaran bahwa kondisi daerah kerja yang merupakan bagian dari program pengendalian dan manajemen proteksi radiasi sebagai suatu sarana kerja, telah memberikan jaminan keselamatan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

1. Perka Bapeten No 4 tahun 2014, tentang Poteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.
2. SOP 027.002/KN 02 01/BBN 5.1 dan SOP 026.002/KN 04 04/BBN 5.1 Pemantauan Dosis Radiasi Personil Laboratorium di IEBE dan IRM.
3. IK-015/PTLR/SMM-07.01/111-00/2010, Instruksi Kerja Analisis Uranium Total Dalam Sampel Urin, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.
4. IK-011/PTLR/SMM-07.01/111-00/2010, Instruksi Kerja analisis Beta Total Dalam Sampel Urin, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.
5. Ruminta Ginting, Ratih Kusuma Putri Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, EVALUASI DOSIS RADIASI INTERNAL PEKERJA RADIASI PTBATAN TEKNOLOGI DENGAN METODE IN-VITRO, tahun 2012.
6. Sri Widayati Dra, Pemantauan Dosis Eksternall, Bahan Ajar Pemagangan Pengendalian Dosis Personil, tahun 2017.