

PENGENDALIAN DAN MANAJEMEN SISTEM DATA DOSIS INTERNAL DAN EKSTERNAL DI PTBBN TAHUN 2016

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

ABSTRAK

Perka Bapeten No. 14 Tahun 2013, Pasal 34, menyatakan bahwa Pemegang Izin harus melaksanakan pemantauan dosis radiasi yang diterima Pekerja Radiasi baik paparan radiasi eksternal maupun paparan radiasi internal, paling sedikit 1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan. Dalam hal Pekerja Radiasi berpotensi menerima paparan radiasi internal, Pemegang Izin harus menyelenggarakan pemantauan dosis melalui pengukuran: *in-vivo* dengan *whole body counter*, dan/atau *in-vitro* dengan teknik *bioassay*. Untuk hal tersebut PTBBN melakukan pengendalian dan manajemen sistem data dosis internal dan eksternal mulai dari perencanaan program pemantauan dosis pekerja radiasi internal dan eksternal, berkoordinasi dengan PPIKSN sebagai penyelenggara pemantauan dosis personil, persiapan dan melaksanakan serta perekaman kartu dosis dan evaluasi hasil pemantauan dan pengiriman FIDOS ke Bapeten. Dari hasil evaluasi pemantauan dosis pekerja radiasi baik eksternal maupun internal PTBBN tahun 2016, untuk dosis radiasi eksternal personil pekerja radiasi paling tinggi 0,32 mSv. Untuk dosis internal pekerja radiasi melalui pemantauan langsung *in-vivo* dengan *whole body counter*, hasil pemantauan radionuklida semua pekerja radiasi tidak terdeteksi (ttd) karena dosis lebih kecil dari 0,01 mSv, sedangkan dosis internal dengan pemantauan tidak langsung *in-vitro* melalui analisis *urine*, hasil analisis tertinggi U-Total sebesar 0,09 Bq dan E50 sebesar 0,07 mSv. 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 (Bapeten). Data pembacaan dosis interna (pemantauan internal WBC dan Urine) dan eksterna dengan TLD personel dari PPIKSN direkam kedalam kartu dosis personil pengelolaan, 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. Rekaman hasil pemantauan data dosis direkam dalam kartu dosis personil, merupakan dokumen yang harus dikendalikan selama pekerja pekerja radiasi bekerja di daerah radiasi dan setelah tidak aktif bekerja selama 30 tahun, disimpan dalam sistem penyimpanan yang terkendali.

Kata Kunci: FIDOS, Dosis Personil, NBD

PENDAHULUAN

Keselamatan Radiasi Pngion 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: mempunyai 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).

Nilai Batas Dosis (NBD) 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. NBD untuk pekerja radiasi dan masyarakat sesuai Perka Bapeten No. 14 tahun 2013^[1] dapat dilihat pada tabel 1. Untuk memastikan NBD bagi pekerja dan masyarakat tidak terlampaui, maka PI wajib bertanggung jawab untuk melakukan: 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.

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

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: 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 diikutsertakan dalam program pemantauan dosis, melingkupi pemantauan paparan radiasi eksternal dan paparan radiasi internal, 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 *thermoluminisence 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 eksternal dan internal ini dimaksudkan untuk 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 dan merupakan suatu 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 pekerja radiasi eksternal dilakukan di PPIKSN 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) $E < 15 \text{ KeV}$, 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 yang dapat berupa elektronik dosimeter yang dapat dibaca langsung dan berbunyi untuk menyetting lamanya waktu bekerja atau pendos, sedangkan pemantauan khusus dalam situasi abnormal, pekerja hendaknya dilengkapi dengan dosimeter yang mampu memberikan perkiraan dosis efektif dan dosis organ, yang 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 di daerah *torso* (antara bahu dan pinggang).

Pengukuran dosis radiasi personal internal dengan pemantauan langsung dengan cara 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*. Hasil pengukuran dapat memberikan informasi tentang retensi total body dan biokinetik. Peralatan *whole body counting* (WBC) untuk analisis dosis internal secara langsung ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Peralatan *whole body counting* (WBC)

Pemantauan dosis radiasi internal dengan cara tidak langsung yaitu pengukuran radionuklida di dalam tubuh melalui analisis hasil metabolisme tubuh misal urin, feces, keringat dan lain-lain, 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 (misal: Low 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, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peralatan alpha, betha counter

METODOLOGI

Pengendalian dan manajemen system data dosis radiasi internal dan eksternal di PTBBN 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 dan IRM^[2], meliputi kegiatan: perencanaan program pemantauan dosis pekerja radiasi internal dan eksternal, berkoordinasi dengan PPIKSN sebagai penyelenggara pemantauan dosis personil, persiapan dan melaksanakan pemantauan dosis, pengelolaan dan pembacaan dosis di PPIKSN, perekaman kartu dosis dan FIDOS, evaluasi hasil pemantauan serta pelaporan hasil.

Perencanaan Program Pemantauan Dosis Personil Internal dan Eksternal

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 membuat perencanaan program dan menetapkan personel pekerja radiasi di IRM dan IEBE untuk pengukuran 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 Pemantauan Dosis Internal dan Eksternal

SBKKPR-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, dan dilakukan pengontrolan oleh petugas dari SBKKPR-BKKABN agar dapat berjalan sesuai rencana. Untuk pemantauan dosis radiasi internal menggunakan metode *in- vitro*, dilakukan pengambilan urine peserta sebanyak lebih kurang 500 cc dua hari sebelum pemeriksaan, ditampung dalam botol yang sudah dilengkapi label identitas diri personil, selanjutnya dikirim ke PPIKSN sesuai jadwal yang ditetapkan.

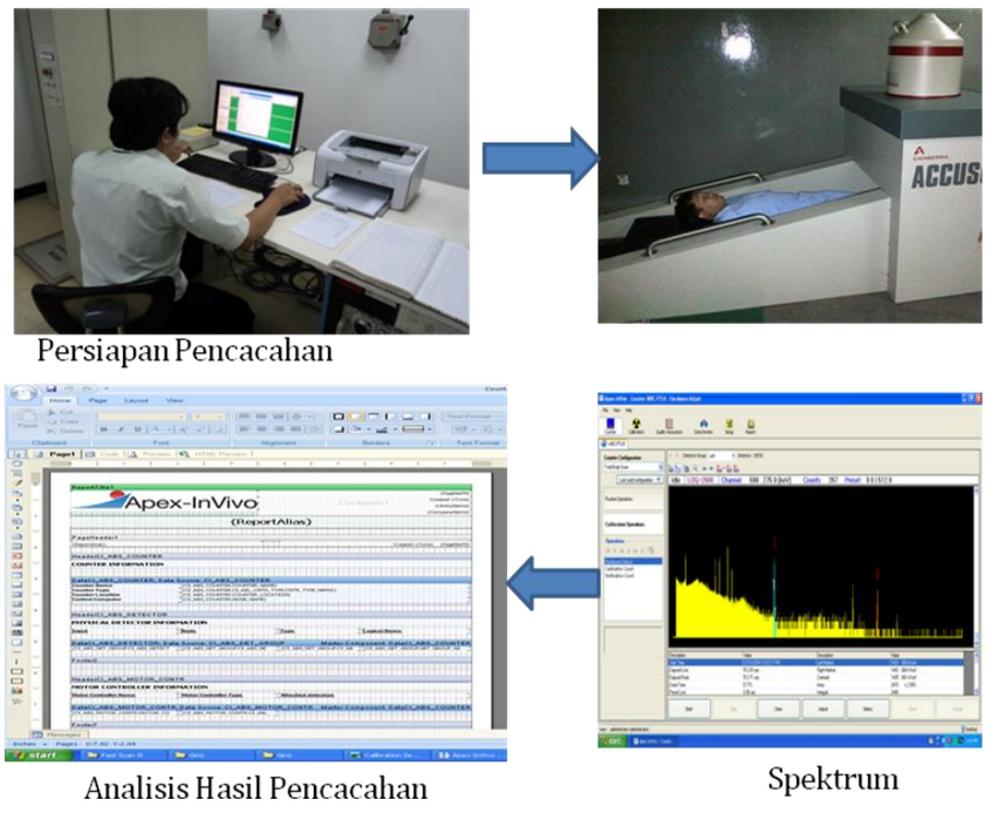
Setiap pekerja Radiasi memiliki dua buah TLD (seri A dan seri B) yang digunakan secara bergantian, sehingga sistem pemantauan dosis tetap berjalan pada saat penarikan untuk digunakan pembacaan di PPIKSN. PPIKSN melakukan inventarisasi, dilanjutkan penarikan TLD yang telah dipakai selama 3 bulan untuk diajukan proses pembacaan TLD menggunakan alat TLD Reader.

Pelaksanaan Pemantauan dan Pembacaan Dosis Internal dan Eksternal Dilakukan di BKL-PPIKSN

Sesuai jadwal personil radiasi untuk pemantauan WBC dan urine yang disetujui oleh PPIKSN, maka dilakukan pemantauan WBC dan urine dengan menyerahkan botol urine kepada PPIKSN untuk dilakukan pembacaan dosis internal. Hasil pembacaan dosis internal pekerja radiasi dikirim ke PTBBN untuk dilakukan perekaman hasil WBC dan Urine dalam kartu dosis pekerja radiasi, verifikasi dilakukan oleh PPR sesuai ambang batas yg ditetapkan. Evaluasi dan Tindak lanjut penanganan jika melebihi ambang batas dilakukan sesuai SOP Pemantauan Dosis Radiasi Personil Laboratorium di IEBE dan IRM^[2], dan melaporkan ke Ka. BKKABN. Membuat laporan triwulan dan mengisi FIDOS untuk diserahkan ke Bapeten paling lama 1 bulan setelah menerima laporan dari PPIKSN.

a. Proses Pemantauan Dosis In-vivo (WBC) :

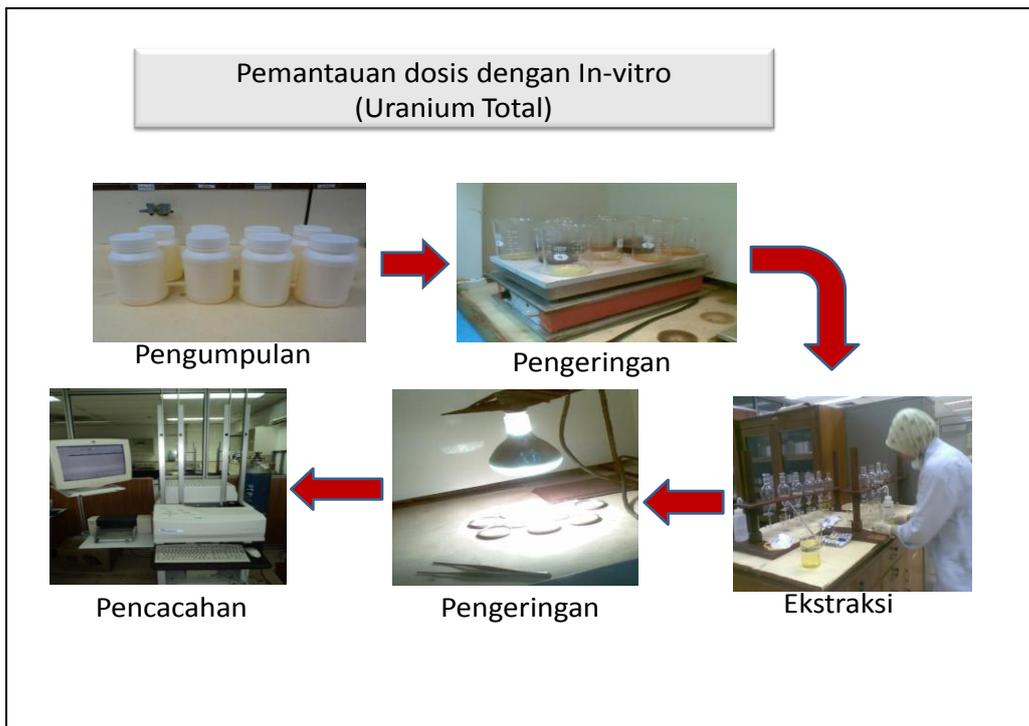
Pemantauan dosis in-vivo dilakukan di klinik KSN, menggunakan alat WBC tipe Accuscan II dan tipe Bed, dengan melakukan Pencacahan Total Body kemudian dilakukan Analisis Perhitungan Pemantauan WBC menggunakan Software IMBA. Hasil perhitungan Dosis dalam satuan Sivert (SV) dan langsung dapat dicetak sesuai dengan Identitas personel. Simpan hasil cetak ke ruang dokumentasi. Proses pemantauan dosis internal menggunakan alat WBC seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Proses Pemantauan secara langsung menggunakan alat WBC

b. Proses Pemantauan Dosis Dengan In-vitro (Uranium Total):

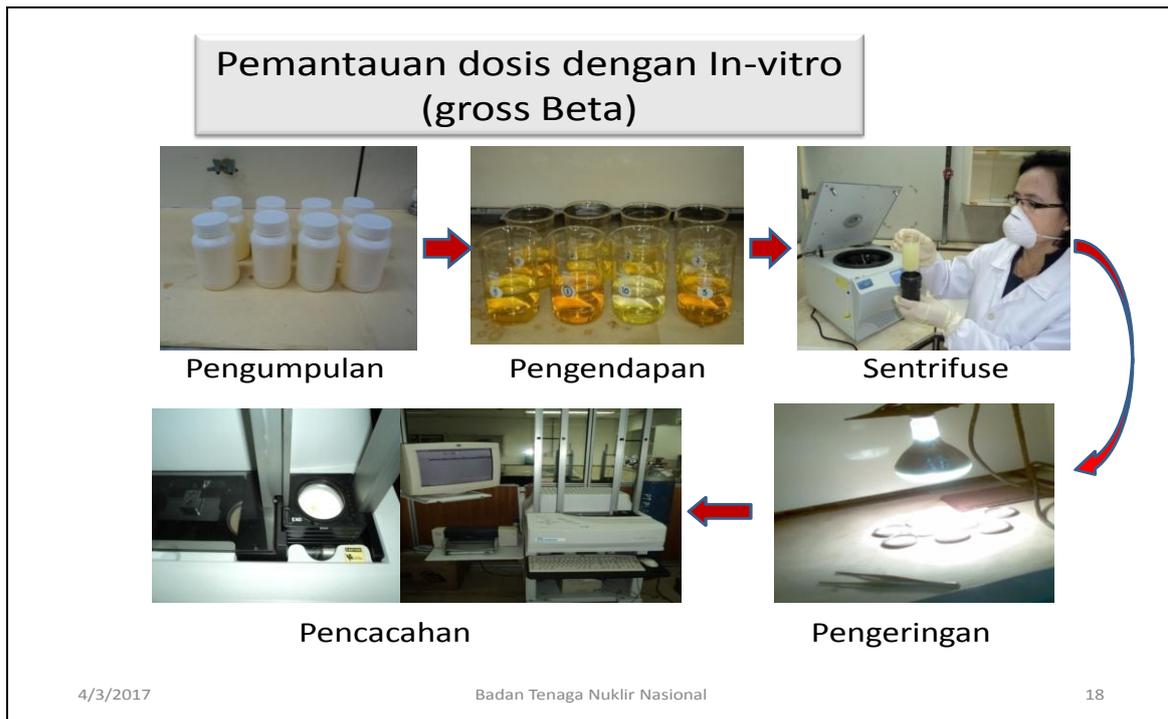
Pemantauan dosis dengan In-vitro (Uranium Total) dilakukan di PPIKSN, dengan analisis radionuklida pemancar alfa, beta dan gamma. Pemantauan Uranium total dalam urine dilakukan melalui analisis radiokimia yang meliputi^[3]: Contoh urin dengan volume tertentu di tambah HNO₃ (p) lalu dikeringkan diatas plat pemanas Residu dilarutkan dalam larutan Al(NO₃)₃, larutan diekstraksi dengan TBP. Hasil ekstraksi dimasukkan dalam planset lalu dikeringkan dibawah lampu pemanas, Cacah dengan Alfa – Beta Low Background Counter, seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Proses Analisis Uranium Total di dalam sampel urine

c. Proses Pemantauan Dosis dengan In-vitro (Gross Beta):

Pemantauan dosis dengan In-vitro (*Gross Beta*) dilakukan di PPIKSN, untuk radionuklida pemancar beta yang ada dalam contoh urine diendapkan dengan menambahkan *reagen sulkowitch*^[4]. Larutan yang mengandung endapan dibiarkan selama lebih kurang 6 jam, kemudian endapan dipisahkan dengan *sentrifuse*. Endapan yang diperoleh dicuci dengan larutan Ammonium Oksalat 0,1 %, kemudian endapan dipisahkan lagi dengan *sentrifuse*. Selanjutnya endapan dimasukkan ke dalam planset dan dikeringkan di bawah lampu pemanas. Endapan yang sudah kering dicacah menggunakan Alfa – Beta Low Background Counter



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

- Prakiraan waktu terjadinya intake
- 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)

Dosis internal ditentukan dengan menggunakan rumus (1).

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

Keterangan:

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 .

d. Pengelolaan dan Pembacaan Dosis Radiasi Personil Eksternal dengan TLD:

Pengelolaan dan pembacaan TLD personil dilakukan di PPIKSN meliputi:

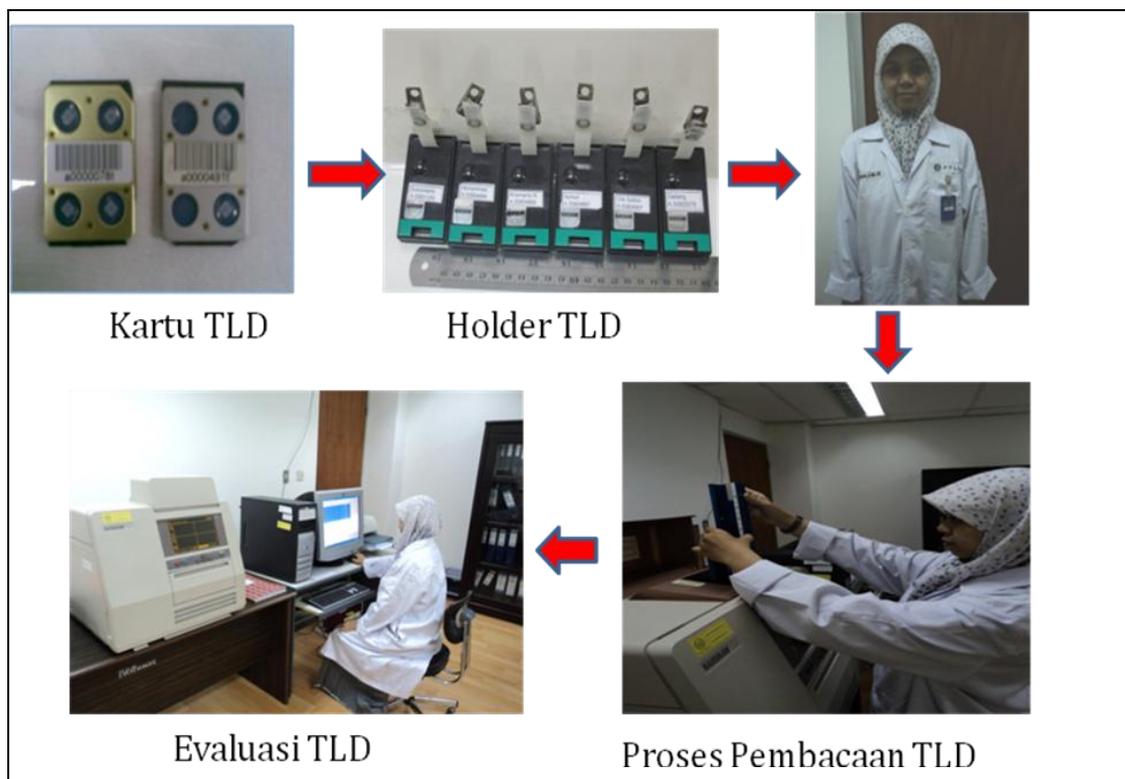
- Persiapan TLD :
Sebelum TLD digunakan oleh pekerja, dilakukan annealing terhadap TLD dengan tujuan untuk mengosongkan dosis pada TLD.
- Pembacaan TLD:
TLD dibaca dengan menggunakan TLD reader model 6600. Pembacaan TLD didahului dengan pembacaan TLD blanko. Periode pembacaan TLD : 3 bulan
- Evaluasi TLD
Dosis radiasi yang diterima pekerja diperoleh dengan menggunakan formula (2) ^[6]

$$D = \frac{\{(BxECC) - (B_0xECC_0)\}}{RCF} \quad (2)$$

Keterangan:

- D : Dosis perorangan yang diterima pelanggan (mSv)
 B : Bacaan TLD pelanggan (nC)
 ECC : Faktor koreksi elemen TLD pelanggan
 B₀ : Bacaan TLD blanko (nC)
 ECC : Faktor koreksi elemen TLD blanko
 RCF : Faktor kalibrasi TLD Reader (*Reader Calibration Factor*) (nC/mSv)
 Hp(10) diperoleh dari elemen TLD (0,15") dibawah filter 1000 mg/cm² (0,040"ABS + 162"PTFE)
 Hp(0,07) diperoleh dari elemen TLD(0,15") open window di bawah filter mylar 17 mg/cm².

Proses pembacaan dosis eksternal yang dilakukan di PPIKSN ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses Pembacaan TLD

Perekaman Kartu Dosis dan FIDOS, Evaluasi dan Pelaporan

Data pembacaan dosis interna (pemantauan internal WBC dan Urine) dan eksterna dengan TLD personel yang dikirim oleh PPIKSN setiap triwulan, direkam kedalam kartu dosis personil pengelolaan, verifikasi data dosis personil oleh PPR kesesuaian ambang batas yang ditetapkan, evaluasi dan tindak lanjut penanganan jika melebihi ambang batas, menyetujui dan melaporkan ke Ka. BKKABN, membuat laporan triwulan dan mengisi FIDOS untuk diserahkan ke Bapeten paling lama 1 bulan setelah menerima laporan dari PPIKSN. Rekam 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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

kaki dan tungkai: 500 mSv per tahun, 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. Dari hasil pembacaan setiap triwulan I sampai IV adalah sebagai berikut:

Jumlah TLD yang diajukan ke PPIKSN untuk dilakukan pembacaan seri A dan B secara bergantian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah TLD Pekerja Radiasi PTBBN

BIDANG / UNIT		TLD yang diajukan ke PPIKSN				
		Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Jumlah
1	BFBBN	49	47	51	52	199
2	BUR	41	40	40	40	161
3	BPFBBN	37	37	36	36	146
4	BKKABN	23	25	23	23	94
5	UPN	20	19	19	19	77
6	UJM	2	2	2	2	8
7	Ka. PTBBN	1	1	1	1	4
Jumlah		173	171	172	173	689

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 :

Triwulan I

Hasil pembacaan TLD pada periode Januari– Maret 2016 ditunjukkan pada Tabel-3.

Tabel. 3. Hasil pembacaan TLD seri-B

Bidang/ Unit	Jumlah TLD terdeteksi	DEST [Hp-10] (mSv)	DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	10	0 - 0,08	0,03 - 0,17
BUR	0	ttd	ttd
BPFBBN	3	0,03 – 0,04	ttd
BKKABN	1	0,03	ttd
UPN	0	ttd	ttd
UJM	0	ttd	ttd
NBD-DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD-DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Berdasarkan data di atas, dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi selama tiga bulan masih dibawah NBD. Pada periode Januari–Maret 2016 ini pekerja

radiasi PTBBN yang melakukan WBC sebanyak 33 orang, hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedangkan yang diambil sampel urine nya sebanyak 16 personil dan hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil analisa urine pada periode ini masih dibawah NBD.

Tabel.4. Hasil analisis urine

Bidang/ Unit	Jumlah (orang)	Yang Terdeteksi (Orang)	U-Total	
			A (Bq)	E ₅₀ (mSv)
BFBBN	8	3	0,01 - 0,04	0 – 0,03
BUR	5	2	0,03 - 0,04	0,02 - 0,03
BKKABN	3	1	0 – 0,01	ttd

Triwulan 2

Hasil pembacaan TLD pada periode April s.dJuni 2016 ditunjukkan pada Tabel-5

Tabel. 5. Hasil pembacaan TLD seri-B

Bidang/ Unit	Jumlah TLD terdeteksi	Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh DEST [Hp-10] (mSv)	Dosis Ekuivalen Kulit DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	15	0 - 0,05	0,03 - 0,16
BUR	0	0	Tidak diukur
BPFBBN	0	0	Tidak diukur
BKKABN	0	0	Tidak diukur
UPN	0	0	Tidak diukur
UJM	0	0	Tidak diukur
NBD-DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD-DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Pada periode April - Juni 2016 pekerja radiasi PTBBN yang melakukan WBC sebanyak 33 orang, hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedang yang diambil sampel urinenya sebanyak 30 personil (termasuk 14 personil PTBBN yang ada di Gd 07 PSTA) dan hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 6. Hasil analisa urine pada periode ini masih dibawah NBD.

Tabel.6. Hasil analisa urine

Bidang/ Unit	Jumlah (orang)	Yang Terdeteksi (Orang)	U-Total	
			A(Bq)	E ₅₀ (mSv)
BFBBN	17	12	0,01-0,06	0,01- 0,05
BUR	6	3	0,01– 0,09	0,03– 0,07
BPFBBN	3	1	0,04	0,03
BKKABN	4	2	0,03 – 0,06	0,02 – 0,05

Triwulan 3

Pemantauan dosis radiasi eksternal diberikan dalam bentuk DEK atau Hp(0,07) dan DEST atau HP(10). Hasil pembacaan TLD terhadap beberapa pekerja radiasi pada periode Juli - September 2016 ditunjukkan pada Tabel-7.

Tabel. 7. Hasil pembacaan TLD seri-B

Bidang/ Unit	Jumlah TLD terdeteksi	DEST [Hp-10] (mSv)	DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	9	0,03 - 0,07	0,03 – 0,011
BUR	2	0,03 – 0,08	Tidak diukur
BPFBBN	1	0,04	Tidak diukur
BKKABN	0	ttd	Tidak diukur
UPN	1	0,32	Tidak diukur
UJM	0	ttd	Tidak diukur
NBD- DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD- DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Berdasarkan data pada Tabel 7 Hasil pembacaan TLD seri-B dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi selama tiga bulan masih dibawah NBD. Pada periode Juli - September 2016, pekerja radiasi PTBBN yang melakukan WBC sebanyak 33 orang dan hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedangkan yang diambil sampel urine sebanyak 16 personil dan hasil analisis urine ditunjukkan pada Tabel 8. Hasil analisis urine pada periode Juli s/d September 2016 masih dibawah NBD.

Tabel 8. Hasil analisa urine

Bidang/ Unit	Jumlah (orang)	Yang Terdeteksi (Orang)	U-Total	
			A, (Bq)	E ₅₀ , (mSv)
BFBBN	3	2	0,02 -0,03	0,01- 0,02
BUR	8	6	0,01- 0,03	0,01- 0,02
BPFBBN	1	1	0,02	0,01
BKKABN	4	2	0,01- 0,02	0,01

Triwulan IV

Pada triwulan IV, pembacaan TLD termasuk 4 pekerja radiasi PTBBN yang berada di Gd 07 PSTA Yogyakarta. Pemantauan dosis radiasi eksternal diberikan dalam bentuk DEK atau Hp(0,07) dan DEST atau HP(10). Hasil pembacaan TLD untuk beberapa pekerja radiasi periode Oktober - Desember 2016 ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pembacaan TLD seri-A

Bidang/ Unit	Jumlah TLD terdeteksi	DEST [Hp-10] (mSv)	DEK [Hp-0,07] (mSv)
BFBBN	1	ttd	0,03
BUR	0	ttd	Tidak diukur
BPFBBN	0	ttd	Tidak diukur
BKKABN	0	ttd	Tidak diukur
UPN	0	ttd	Tidak diukur
UJM	0	ttd	Tidak diukur
NBD-DEST [Hp-10] per tahun: 20mSv NBD-DEK [Hp-0,07] per tahun: 500 mSv			

Berdasarkan data pada Tabel 9, dapat dilihat bahwa dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi selama tiga bulan masih dibawah NBD. Pada periode Oktober – Desember 2016, pekerja radiasi PTBBN yang melakukan WBC sebanyak 33 orang, hasilnya tidak terdeteksi adanya radionuklida, sedangkan yang diambil sampel urine sebanyak 16 personil dan hasil analisis urine ditunjukkan pada Tabel 10. Hasil analisis urine pada periode Oktober - Desember 2016 masih dibawah NBD.

Tabel.10. Hasil analisa *urine*

Bidang/Unit	Jumlah (orang)	Terdeteksi (orang)	U-Total	
			A, (Bq)	E ₅₀ , (mSv)
BFBBN	7	4	0,01	0
BUR	4	1	0,01	0
BPFBBN	2	2	0,01 – 0,03	0 – 0,02
BKKABN	3	2	0,01– 0,03	0 – 0,02

Pekerja radiasi yang dipantau selama tahun 2016 adalah sebanyak 186 orang dengan 689 TLD (seri A dan B), 132 melakukan *invivo* - WBC dan 78 mengikuti *invitro*-urine. Dari hasil evaluasi hasil pemantauan dosis radiasi eksternal maupun internal terhadap

pekerja radiasi PTBBN tahun 2016, diperoleh dosis radiasi eksternal personil pekerja radiasi yang paling tinggi sebesar 0,32 mSv untuk DEST [Hp-10]. Untuk dosis internal pekerja radiasi melalui pemantauan langsung in-vivo dengan *whole body counter*, diperoleh hasil pemantauan radionuklida bahwa semua pekerja radiasi tidak terdeteksi (tt) karena dosis lebih kecil dari 0,01 mSv, sedangkan dosis internal dengan pemantauan tidak langsung *invitro* melalui analisis *urine*, diperoleh hasil tertinggi U-Total sebesar 0,09 Bq dan E50 sebesar 0,07 mSv.

Hasil ini menunjukkan bahwa pada tahun 2016 tidak ada pekerja radiasi yang menerima dosis radiasi internal maupun eksternal yang 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 2016, untuk dosis radiasi eksternal paling tinggi 0,32 mSv dan untuk DEST [Hp-10]. Untuk dosis internal pekerja radiasi melalui pemantauan langsung in-vivo dengan *whole body counter*, hasil pemantauan radionuklida adalah semua pekerja radiasi tidak terdeteksi (tt) 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 **0,09 Bq** dan E50 sebesar **0,07 mSv**.

Hasil pemantauan ini menunjukkan bahwa tidak ada pekerja radiasi yang terkontaminasi melampaui NBD yaitu melebihi **20 mSv** per tahun, sesuai Perka Bapeten No. 14 tahun 2013, hal ini menunjukkan 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 2013, 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 Eksternal, Bahan Ajar Pemagangan Pengendalian Dosis Personil, tahun 2017.