
PREDIKSI DOSIS PEMBATAS UNTUK PEKERJA RADIASI DI INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL

Suliyanto, Budi Prayitno

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN

ABSTRAK

PREDIKSI DOSIS PEMBATAS UNTUK PEKERJA RADIASI DI INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL. Prediksi Dosis Pembatas Untuk Pekerja Radiasi Di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE), telah dilakukan. Nilai Batas Dosis (NBD) berdasarkan SK. Kepala BAPETEN Nomor 01/Ka-BAPETEN/V-1999, tentang Dosis Ekuivalen Seluruh Tubuh (DEST) ditentukan sebesar 50 mSv/tahun. Tujuan dari prediksi dosis pembatas (*dose constraint*) untuk peningkatan keselamatan bagi pekerja radiasi. DEST pekerja radiasi ini adalah jumlah dari dosis interna dan eksternal yang diterima dalam satu tahun dan tidak termasuk dosis medik. Prediksi dosis pembatas ini berdasarkan NBD dari *International Commission On Radiological Protection International 60 (ICRP 60)*. Metoda yang dipakai untuk prediksi dosis pembatas dengan mengevaluasi data DEST yang diterima oleh pekerja radiasi di IEBE dari tahun 1991 sampai 2009. Dari data DEST yang diterima oleh pekerja radiasi di IEBE diambil DEST tertinggi dan DEST rerata. Prediksi dosis medik yang diterima pekerja radiasi dalam satu tahun juga diperhitungkan. Total prediksi DEST yang diterima oleh pekerja radiasi di IEBE sebesar 2,17 mSv/tahun. Apabila dosis pembatas untuk pekerja radiasi di IEBE ditetapkan 50% dari ketentuan ICRP 60 atau sebesar 10 mSv/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa dosis pembatas tersebut dapat diberlakukan di IEBE.

Kata kunci : dosis pembatas, nilai batas dosis, prediksi dosis.

PENDAHULUAN

Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) merupakan salah satu fasilitas laboratorium yang dibangun di Kawasan PUSPIPTEK Serpong dan mempunyai dua fungsi pokok yaitu: memproses *yellow cake* menjadi serbuk UO_2 berderajat nuklir (*nuclear grade*), dan memproduksi elemen bakar reaktor air berat (*High Water Reactor*) jenis CIRENE dengan menggunakan bahan baku utama uranium pengkayaan rendah. Untuk mendukung Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) IEBE akan dikembangkan untuk memproduksi elemen bakar reaktor daya ^[1,2].

Nilai batas dosis yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir dalam surat keputusan Kepala BAPETEN nomor 01/Ka-BAPETEN/V-1999, tentang Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi sebesar 50 mSv/tahun dan mencakup dosis radiasi eksternal dan interna dan tidak termasuk dosis paparan medik dan dosis paparan dari alam ^[3]. Sementara berdasarkan rekomendasi dari *International Commission On Radiological Protection International 60 (ICRP 60)* tahun 1990, ditetapkan DEST untuk pekerja radiasi sebesar 20 mSv/tahun. Namun demikian Indonesia sampai saat ini masih mengacu kepada aturan ICRP 26 tahun 1977 yaitu menetapkan DEST untuk pekerja radiasi sebesar 50 mSv/tahun.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2000 tentang Keselamatan dan Kesehatan Terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion, Pasal 5 Ayat 1 menyatakan : apabila dalam satu lokasi terdapat beberapa fasilitas pemanfaatan tenaga nuklir, Pengusaha Instalasi Nuklir (PIN) menetapkan tingkat dosis yang lebih rendah untuk masing-masing instalasi, agar dosis kumulatif tidak melampaui NBD [4]. Penjelasan dari ayat ini adalah : untuk masing-masing fasilitas ditetapkan dosis yang lebih rendah dari NBD, yang disebut Dosis Pembatas/*Dose Constraint* yang digunakan dalam proses optimisasi fasilitas yang bersangkutan dan untuk menyakinkan bahwa NBD tidak terlampaui sebagai akibat adanya beberapa fasilitas. Adanya PP Nomor 63 Tahun 2000 ini, maka perlu ditentukan besarnya dosis pembatas di IEBE. Tujuan dari prediksi dosis pembatas ini untuk meningkatkan keselamatan pekerja radiasi dan mengantisipasi keluarnya peraturan baru tentang NBD yang mengacu kepada ICRP 60.

TEORI

Sifat dari radiasi yang tidak berbau, berasa, terlihat dan terdengar ini masih merupakan masalah bagi masyarakat yang awam tentang radiasi ini. Radiasi pengion untuk batasan tertentu jika mengenai tubuh manusia dapat membahayakan. Untuk itu diaturlah tentang nilai batas dosis yang boleh diterima oleh seorang pekerja radiasi yang bekerja di instalasi nuklir. Adapun ketentuan yang dipakai di Indonesia hingga saat ini masih mengacu kepada rekomendasi dari ICRP 26.

Ketentuan Tentang Nilai Batas Dosis Berdasarkan ICRP No. 26 [5,6].

Ketentuan tentang DEST ini dimaksudkan untuk mengatur dengan lebih tegas nilai penyinaran dan dosis radiasi tertinggi yang dapat diterima oleh pekerja radiasi didasarkan pada jumlah dosis yang berasal dari radiasi eksternal dan internal (tidak termasuk dosis yang diterima dari radiasi untuk maksud medik) yaitu sebesar 50mSv/tahun.

NBD di Indonesia ditetapkan berdasarkan :

- SK. Kepala BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-1999,
- Rekomendasi ICRP No. 26 Tahun 1977, dan
- *Safety Series International Atomic Energy Agency (IAEA) No. 9 Tahun 1983.*

Saat ini batasan DEST yang dipakai oleh PTBN berdasarkan SK. Kepala BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-1999 yang mengacu kepada ICRP 26. Apabila berlaku aturan DEST yang baru mengacu kepada ICRP 60, PTBN siap melaksanakannya. Berdasarkan rekomendasi IAEA sebenarnya sudah mulai dipakai aturan DEST

berdasarkan ICRP 103. Antara ICRP 60 dan ICRP 103 sebenarnya tidak banyak perbedaannya. Perbedaan antara lain untuk dosis wanita hamil dari 2 mSv (awal kehamilan) diturunkan menjadi 1 mSv (janin). Selanjutnya mengenai ketentuan tentang NBD berdasarkan ICRP No. 26 ini diperlihatkan pada Tabel-1.

Tabel-1. Nilai Batas Dosis Di Indonesia Berdasarkan ICRP No.26 Tahun 1977.

BATASAN	PEKERJA (mSv)	UMUM (mSv)
A. Penyinaran terhadap seluruh tubuh (untuk efekstokastik)		
1. Seluruh tubuh	50	5
2. Wanita hamil	15	-
3. Janin	10	-
B. Penyinaran lokal (untuk efek Non Stokastik/deterministik)		
1. Rata-rata untuk setiap organ	500	50
2. Lensa mata	150	15
3. Kulit	500	50
4. Tangan, lengan, kaki	500	50

Ketentuan NBD Berdasarkan ICRP No. 60 ^[5,7]

NBD berdasarkan ICRP No. 60 tahun 1990 belum diadopsi di Indonesia. Prediksi NBD berdasarkan ICRP No. 60 ini, tidak diperhitungkan dengan dosis yang diperoleh dari kegiatan medik. Adapun ketentuan NBD nya sebagai berikut :

Pekerja Radiasi

- 20 mSv/tahun secara rata-rata selama 5 tahun.
- Penerimaan maksimum setahun 50 mSv dengan memperhitungkan penerimaan dosis di tahun berikutnya.
- Untuk lensa mata 150 mSv/tahun.
- Untuk tangan, kaki, kulit 500mSv/tahun.

Siswa dan Magang (Usia 16–18 tahun)

- 6 mSv/tahun.
- 50 mSv/tahun untuk lensa mata.
- 150 mSv/tahun untuk tangan, kaki, kulit.

Keadaan Khusus :

- Masa rata-rata dapat diperpanjang menjadi 10 (sepuluh) tahun.
- Untuk sementara NBD dapat diubah asal di bawah 50 mSv/tahun dan tidak boleh selama 5 tahun.

Masyarakat

- 1 mSv/tahun.
- Kondisi khusus boleh 5 mSv/tahun asal rerata selama 5 tahun adalah 1 mSv/tahun.
- 15 mSv/tahun untuk lensa mata.
- 5 mSv/tahun untuk kaki, tangan, kulit.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk prediksi dosis pembatas dengan pendataan dosis seluruh tubuh (DEST) yang diterima oleh pekerja radiasi yang bekerja di IEBE dari tahun 1991 sampai 2009. Dari data DEST tersebut diambil DEST tertinggi yang pernah diterima oleh pekerja radiasi dan DEST rerata. Prediksi dosis medik yang diterima pekerja radiasi dalam satu tahun juga diperhitungkan. Untuk pembacaan TLD yang dipakai oleh pekerja radiasi di IEBE dilakukan oleh Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Jenis TLD yang dipakai ialah jenis TLD HP(10) berkemampuan merekam radiasi β dan γ dengan daya tembus sinar γ setebal 10 mm dari permukaan kulit. Dosis radiasi yang terekam di TLD dibaca dengan menggunakan TLD *Reader Model 6600 Harshaw* ^[8].

Kemudian dari nilai DEST tertinggi ini ditambah dengan prediksi dosis medik yang diterima pekerja radiasi dalam satu tahun serta mempertimbangkan NBD tahunan berdasarkan rekomendasi ICRP 60, ditentukan dosis pembatas bagi pekerja radiasi yang bekerja di instalasi nuklir IEBE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

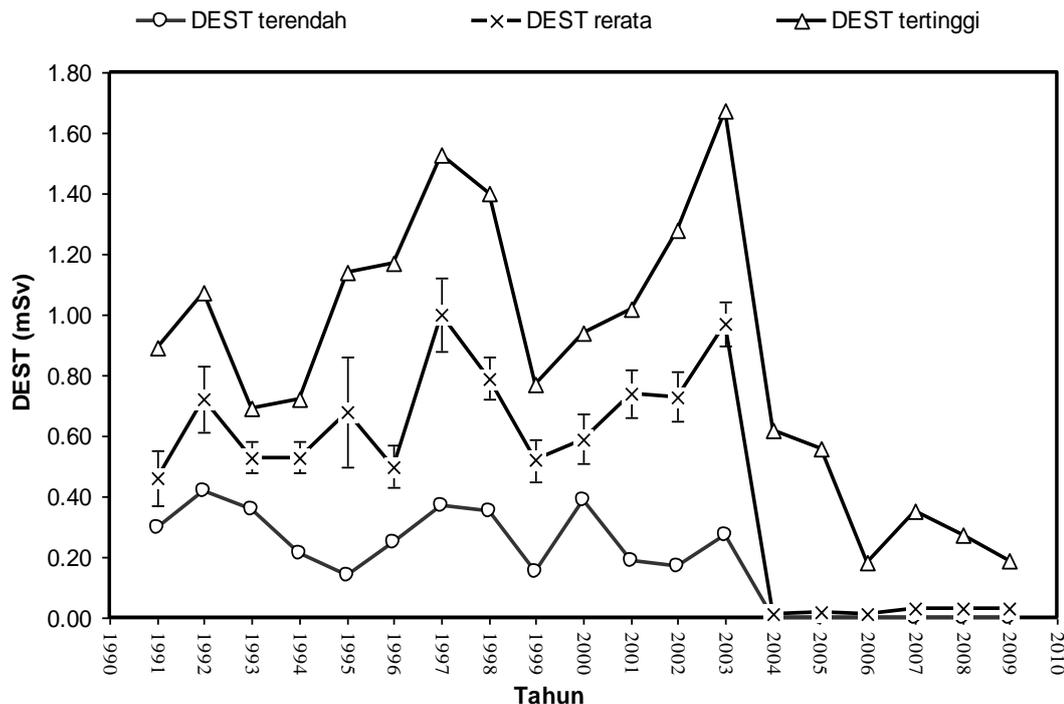
Untuk menentukan dosis pembatas di IEBE, langkah pertama dievaluasi berapa besar DEST/tahun yang pernah diterima oleh pekerja radiasi selama beroperasinya IEBE. Mengingat selama beroperasinya IEBE, DEST yang diterima pekerja radiasi hanya berasal dari dosis eksterna, maka dalam permasalahan ini akan dibahas yang berhubungan dengan dosis eksterna saja. Hasil pemantauan dosis radiasi eksterna pekerja radiasi dirangkum pada Tabel-2. Selanjutnya dari Tabel-2 tersebut, diubah kedalam bentuk grafik pada Gambar-1. Pada Tabel-2 terlihat DEST perorangan tertinggi terjadi pada tahun 2003 sebesar 1,67 mSv/tahun. Nilai ini masih jauh di bawah batas DEST perorangan berdasarkan rekomendasi ICRP 26 yaitu untuk NBD sebesar 50 mSv/tahun atau besarnya 3,34% dari DEST per-tahun. Jika yang diacu berdasarkan rekomendasi dari ICRP 60 yaitu untuk NBD sebesar 20 mSv/tahun, maka DEST tertinggi di IEBE dalam % sebesar :

$\frac{116 \text{ Sv/ta}}{20 \text{ Sv/ta}}$ dari rekomendasi ICRP 60..... (1)

Tabel-2. Dosis Ekivalen Seluruh Tubuh (DEST) Pekerja Radiasi Di IEBE Tahun 1991 Sampai Dengan Tahun 2009.

Tahun	Jumlah TLD	DEST terendah (mSv/tahun)	DEST rerata (mSv/tahun)	DEST tertinggi (mSv/tahun)
1991	34	0.30	0.46 ± 0.09	0.89
1992	49	0.42	0.72 ± 0.11	1.07
1993	56	0.36	0.53 ± 0.05	0.69
1994	56	0.21	0.53 ± 0.05	0.72
1995	54	0.14	0.68 ± 0.18	1.14
1996	59	0.25	0.50 ± 0.07	1.17
1997	63	0.37	1.00 ± 0.12	1.53
1998	63	0.35	0.79 ± 0.07	1.40
1999	68	0.15	0.52 ± 0.07	0.77
2000	70	0.39	0.59 ± 0.08	0.94
2001	70	0.19	0.74 ± 0.08	1.02
2002	73	0.17	0.73 ± 0.08	1.28
2003	74	0.27	0.97 ± 0.07	1.67
2004	76	0.00	0.01 ± 0.01	0.62
2005	84	0.00	0.02 ± 0.01	0.56
2006	84	0.00	0.01 ± 0.01	0.18
2007	84	0.00	0.03 ± 0.01	0.35
2008	91	0.00	0.03 ± 0.01	0.27
2009	91	0.00	0.03 ± 0.01	0.19

Pada Tabel-2, rerata tertinggi untuk DEST pekerja radiasi di IEBE terjadi pada tahun 1997 sebesar (1,00 ± 0,12) mSv/tahun. Simpangan/ralat dari DEST sebesar 0,12 mSv/tahun atau 12 % ini menunjukkan bahwa nilai DEST yang terjadi tidak begitu berfluktuasi atau dengan pengertian dari jumlah 63 pekerja radiasi yang bekerja di IEBE menerima DEST mendekati sama. Dari Tabel-2 atau Gambar-1 terlihat bahwa ada kecenderungan terjadi penurunan DEST pekerja radiasi dari tahun 2004 ke tahun 2009, hal ini kemungkinan disebabkan menurunnya kegiatan pembuatan pelet di IEBE. Dari evaluasi DEST sejak tahun 1991-2009 di IEBE menunjukkan tidak ada pekerja radiasi yang menerima DEST melebihi batasan 50 mSv/tahun.



Gambar-1. DEST Per- Tahun Tertinggi, Rerata Dan Terendah Dari Tahun 1991 Sampai Dengan Tahun 2009

Untuk memprediksi DEST yang diterima oleh pekerja radiasi, ditentukan berdasarkan DEST dari kegiatan yang dilakukan oleh IEBE dari tahun 1991 sampai dengan tahun 2009. Perlu diketahui bahwa sejak beroperasinya IEBE, pembuatan elemen bakar untuk reaktor daya tipe CIRENE baru sebatas pelet dan kelongsong elemen bakar. Apabila IEBE beroperasi penuh sebagaimana kemampuan desain dasarnya, prediksi DEST belum dapat dilakukan. Oleh karena itu dalam prediksi dosis pembatas di IEBE hanya dapat diprediksi berdasarkan kegiatan yang selama ini dilakukan di IEBE. Sejak tahun 1991 sampai dengan tahun 2009, DEST tertinggi terjadi pada tahun 2003 sebesar 1,67 mSv/tahun dan belum termasuk dosis medik yang diterima oleh pekerja radiasi tersebut dalam satu tahun.

Lahirnya peraturan baru yaitu Peraturan Pemerintah No. 33/tahun 2007 tentang keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif, DEST untuk pekerja radiasi akan diatur lebih lanjut, yaitu dosis medik akan diperhitungkan dalam menentukan DEST per tahun pekerja radiasi^[9]. Untuk pemeriksaan medik belum ada standar resmi dari BAPETEN, berapa dosis yang diterima saat melakukan pemeriksaan kesehatan dengan menggunakan sinar-X. Menurut kedokteran nuklir BATAN, dosis saat pemeriksaan kesehatan untuk *thorax/dada* dengan sinar x

sebesar 0,25 mSv. Menurut standar IAEA ^[10] dosis yang diterima saat pemeriksaan kesehatan dengan sinar x ditampilkan pada Tabel-3. Untuk kepentingan proteksi radiasi data yang dipakai adalah data dari kedokteran nuklir BATAN, yaitu untuk satu kali pemeriksaan thorax/dada, maka dosis yang akan diterima sebesar 0,25 mSv. Hal ini dilakukan mengingat dalam prediksi DEST akan lebih aman jika ditentukan nilainya lebih tinggi dari sebenarnya.

Tabel-3. Dosis Yang Diterima Saat Pemeriksaan Kesehatan Dengan Sinar X ^[10]

JENIS PEMERIKSAAN	DOSIS X ray (mSv)
Kepala	0,07
Gigi	< 0,1
Dada	0,1
perut	0,5
Tulang panggul	0,8
Tulang belakang	2
Tulang bagian bawah	6
Tungkai dan lengan	0,06

Apabila hasil data DEST tertinggi yang diterima pekerja radiasi ini, ditambahkan dengan prediksi dosis medik yang diterima pekerja radiasi dalam satu tahun dianggap maksimum 2 kali pemeriksaan thorax dengan x-ray, maka dosis yang diterima pekerja radiasi tersebut sebesar : $1,67 \text{ mSv/tahun} + 0,50 \text{ mSv/tahun} = 2,17 \text{ mSv/tahun}$.

Mengingat ketentuan NBD yang sementara ini mengacu kepada ICRP 26 (DEST/tahun sebesar 50 mSv) dan akan berubah acuannya berdasarkan ICRP 60 (DEST/tahun sebesar 20 mSv), maka dosis pembatas untuk IEBE ini harus ditentukan di bawah 20 mSv/tahun. Berdasarkan bahasan di atas, menunjukkan bahwa prediksi dalam satu tahun DEST yang diterima pekerja radiasi sebesar 2,17 mSv/tahun, maka masih dapat dibenarkan apabila dosis pembatas ditentukan nilainya berada diantara 5 mSv/tahun sampai 15 mSv/tahun. Dari pembahasan mengenai prediksi dosis pembatas/dose constraint) untuk IEBE dapat ditentukan sebesar 10 mSv/tahun atau 50% dari acuan ICRP 60 untuk NBD pekerja radiasi dalam satu tahun. Apabila IEBE beroperasi penuh sesuai dengan desain instalasinya, dosis pembatas ini akan ditinjau ulang. Keadaan ini mengingat prediksi dosis pembatas ini masih berdasarkan kegiatan

yang dilakukan dari tahun 1991 sampai dengan 2009, yaitu masih dalam taraf pembuatan pelet elemen bakar untuk tipe CIRENE.

KESIMPULAN

Total prediksi DEST per tahun yang diterima oleh pekerja radiasi di IEBE sebesar 2,17 mSv/tahun. Apabila dosis pembatas untuk pekerja radiasi di IEBE ditetapkan 50% dari ketentuan ICRP 60 atau sebesar 10 mSv/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa dosis pembatas tersebut dapat diberlakukan di IEBE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Kepala Pusat Teknologi Limbah Radioaktif beserta Stafnya yang selama ini telah membantu pelaksanaan pembacaan TLD milik pekerja radiasi 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. TIM PENYUSUN LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, "Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (LAK IEBE)", revisi 6, Tahun 2007.
3. BAPETEN, "Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi", BAPETEN nomor: 01/Ka-BAPETEN/V-1999, Tahun 1999.
4. PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NO. 63/2000 Tentang keselamatan dan kesehatan terhadap pemanfaatan radiasi pengion, Tahun 2000.
5. BAPETEN, "Materi Rekrualifikasi Petugas Proteksi Radiasi Bidang Instalasi Nuklir", BAPETEN, Jakarta, Tahun 2006.
6. ICRP-26, International Commission On Radiological Protection, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 1977.
7. ICRP-60, International Commission On Radiological Protection, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 1990.
8. PUSAT TEKNOLOGI LIMBAH RADIOAKTIF, "Prosedur Pengelolaan TLD", no. dok. PLR/7/PeD-PE/II/002/03/2006 rev. 3, Tahun 2006.
9. PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NO. 33 TAHUN 2007, Tentang keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif, Tahun 2007.
10. IAEA, "Radiation, People and The Environment", chapter 8, IAEA.