

# **AILARRA**

- Pengembangan dan aplikasi konsep penghambat dosis pada proteksi radiasi
- Penelaahan tentang keganasan kedua pada pasien kanker setelah menjalani radioterapi
  - Autopag : Dari radioterapi sampai target terapi kanker
  - Energi fusi sebagai sumber energi bersih di masa depan
- Subyektivitas dalam menilai risiko pemanfaatan teknologi nuklir
- Manajemen medik sistem hematopoitik pada kecelakaan radiasi

**Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi  
Badan Tenaga Nuklir Nasional**



PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN  
METROLOGI RADIASI  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

Buletin Alara

ISSN 1410 - 4652

Volume 14 Nomor 3, April 2013

## **TIM REDAKSI**

### **Pengarah**

Prof. (Riset) Eri Hiswara, M.Sc

### **Penanggung Jawab**

Kepala PTKMR

### **Redaktur**

Dr. Mukh Syaifudin

### **Penyunting/Editor & Pelaksana**

Hasnel Sofyan, M.Eng  
Gatot Wurdianto, M.Eng  
dr. B.O. Kadharusman, Sp.PD  
Affan Ahmad, MKKK  
Dr. Johannes R. Dumais

### **Sekretariat**

Setyo Rini, SE  
Salimun

### **Alamat Redaksi/Penerbit :**

#### **PTKMR - BATAN**

⇒ Jl. Lebak Bulus Raya No. 49  
Jakarta Selatan (12440)  
Tel. (021) 7513906, 7659512 ;  
Fax. (021) 7657950

⇒ PO.Box 7043 JKSKL,  
Jakarta Selatan (12070)

#### **e-mail :**

**alara.ptkmr@yahoo.com**

### Dari Redaksi

Penghambat dosis merupakan pembatas prospektif dosis individu pada situasi pajanan terencana, dan menjadi batas atas dari besar dosis yang dapat diterima dari penggunaan suatu sumber radiasi tertentu. Tingkat acuan, sementara itu, merupakan suatu nilai dosis yang jika dilampaui maka tidak boleh ada rencana yang mengakibatkan terjadinya pajanan, dan di bawah nilai dosis tersebut optimisasi harus diterapkan. Di Indonesia, penghambat dosis dikenal sebagai 'pembatas dosis' pada PP Nomor 33 Tahun 2007 dan tidak ada definisi mengenai pembatas dosis, namun pada Pasal 35 dinyatakan bahwa penerapan optimisasi dilaksanakan melalui pembatas dosis dan tingkat panduan untuk paparan medik.

*World Cancer Research Fund* menyatakan bahwa jumlah kasus kanker meningkat 20% dan saat ini berjumlah 12 juta setiap tahun. Diperkirakan jumlah penderita kanker di dunia akan naik hingga 300 kali lipat pada tahun 2030 dibandingkan dengan tahun 2005 lalu. Berdasarkan data WHO tahun 2010, pada tahun 2005 kematian akibat kanker di seluruh dunia mencapai sekitar 7 juta orang, 11 juta kasus baru kanker dan 25 juta orang hidup dengan kanker. Sejumlah pengobatan anti kanker seperti radioterapi, inhibitor *histone deasetilase*, dan obat anti-kanker (kemo) imatinib terbukti dapat mengaktivasi autopag sebagai bagian mekanisme pertahanan hidup sel kanker. Pada umumnya, hasil yang mendukung hipotesis bahwa pemberian obat anti kanker menginduksi autopag protektif, akan meningkatkan resistensi pada pengobatan, sehingga penghambatan autopag akan berkontribusi meningkatkan kematian sel kanker.

Edisi kali ini juga dilengkapi dengan artikel tentang energi fusi sebagai sumber energi bersih, penilaian risiko pemanfaatan teknologi nuklir dan manajemen medik pada kecelakaan radiasi. Akhirnya disampaikan ucapan selamat membaca, semoga apa yang tersaji dalam Buletin ini dapat menambah wawasan yang lebih luas mengenai ilmu dan teknologi nuklir serta menggugah minat para pembaca yang budiman untuk menekuni iptek ini. Jika ada kritik dan saran yang menyangkut tulisan dan redaksional untuk meningkatkan mutu Buletin Alara, akan kami terima dengan senang hati.

redaksi

*Buletin ALARA terbit pertama kali pada Bulan Agustus 1997 dan dengan frekuensi terbit 3 kali dalam setahun (Agustus, Desember dan April) ini diharapkan dapat menjadi salah satu sarana informasi, komunikasi dan diskusi di antara para peneliti dan pemerhati masalah keselamatan radiasi dan lingkungan di Indonesia.*



## IPTEK ILMIAH POPULER

- 107 - 113 Pengembangan dan aplikasi konsep penghambat dosis pada proteksi radiasi  
Eri Hiswara
- 115 - 122 Penelaahan tentang keganasan kedua pada pasien kanker setelah menjalani radioterapi  
Mukh Syaifudin
- 123 - 128 Autopag : Dari radioterapi sampai target terapi kanker  
Iin Kurnia

## INFORMASI IPTEK

- 129 - 139 Energi fusi sebagai sumber energi bersih di masa depan  
Hasnel Sofyan dan Mukhlis Akhadi
- 141 - 152 Subyektivitas dalam menilai risiko pemanfaatan teknologi nuklir  
Mukhlis Akhadi dan M. Thoyib Thamrin
- 153 - 160 Manajemen medik sistem hematopoitik pada kecelakaan radiasi  
Zubaidah Alatas

## LAIN - LAIN

- 114 Kontak Pemerhati
- 140 Tata cara penulisan naskah/makalah

Tim Redaksi menerima naskah dan makalah ilmiah semi populer yang berkaitan dengan *Keselamatan radiasi dan keselamatan lingkungan dalam pemanfaatan iptek nuklir untuk kesejahteraan masyarakat*. Sesuai dengan tujuan penerbitan buletin, Tim Redaksi berhak untuk melakukan *editing* atas naskah/makalah yang masuk tanpa mengurangi makna isi. Sangat dihargai apabila pengiriman naskah/makalah disertai dengan disketnya.

# PENGEMBANGAN DAN APLIKASI KONSEP PENGHAMBAT DOSIS PADA PROTEKSI RADIASI

**Eri Hiswara**

Bidang Dosimetri, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

- Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440  
PO Box 7043 JKSKL, Jakarta 12070
- e.hiswara@batan.go.id

## PENDAHULUAN

Penghambat dosis (*dose constraint*) merupakan salah satu konsep pada proteksi radiasi yang digunakan pada prinsip optimisasi proteksi untuk membatasi dosis individu. Konsep ini digunakan pada pajanan kerja dan pajanan publik dalam situasi pajanan terencana (*planned exposure situations*). Dalam situasi pajanan kedaruratan (*emergency exposure situations*) dan situasi pajanan yang ada (*existing exposure situations*), konsep yang digunakan adalah tingkat acuan (*reference levels*).

Penghambat dosis merupakan pembatas prospektif dosis individu pada situasi pajanan terencana, dan menjadi batas atas dari besar dosis yang dapat diterima dari penggunaan suatu sumber radiasi tertentu. Tingkat acuan, sementara itu, merupakan suatu nilai dosis yang jika dilampaui maka tidak boleh ada rencana yang mengakibatkan terjadinya pajanan, dan di bawah nilai dosis tersebut optimisasi harus diterapkan.

Sampai saat ini, konsep penghambat dosis merupakan salah satu konsep pada proteksi radiasi yang masih sulit dipahami dan diterapkan. Untuk itu, tulisan ini akan membahas konsep tersebut, mulai dari pengembangan hingga aplikasinya di lapangan untuk melindungi pekerja dan masyarakat umum dari efek radiasi yang berbahaya. Namun demikian, secara singkat akan diuraikan terlebih dahulu sistem proteksi radiologik bagi manusia yang menjadi dasar penting bagi prinsip optimisasi proteksi.

## SISTEM PROTEKSI RADIOLOGIK

Sistem proteksi radiologik yang digunakan

di dunia saat ini dikembangkan oleh Komisi Internasional untuk Proteksi Radiologik (ICRP, *International Commission on Radiological Protection*), suatu organisasi pertimbangan internasional yang memberi rekomendasi mengenai prinsip-prinsip dasar yang menjadi dasar dalam mengembangkan peraturan terkait proteksi radiasi. Sejak pembentukannya tahun 1928, ICRP telah menerbitkan sejumlah publikasi mengenai proteksi terhadap bahaya dari radiasi pengion, dengan publikasi 103 merupakan rekomendasi mutakhirnya.

Jika dalam rekomendasi sebelumnya ICRP memberi kategorisasi kegiatan yang melibatkan sumber radiasi berdasar proses, yaitu atas pemanfaatan dan intervensi, maka pada rekomendasi mutakhirnya kategorisasi tersebut didasarkan pada situasi pajanan, yaitu situasi pajanan terencana, situasi pajanan kedaruratan, dan situasi pajanan yang ada. Situasi pajanan terencana adalah situasi pajanan yang melibatkan penggunaan sumber radiasi dengan sengaja, situasi pajanan kedaruratan adalah situasi pajanan yang memerlukan tindakan segera untuk menghindari atau mengurangi konsekuensi yang tidak diinginkan, sementara situasi pajanan yang ada adalah situasi pajanan yang melibatkan pajanan berkepanjangan setelah terjadinya kecelakaan.

Publikasi 103 juga mengubah sedikit nilai faktor bobot radiasi (nilai untuk proton dan pion bermuatan berkurang dari 5 menjadi 2) dan nilai faktor bobot jaringan (nilai untuk gonad berkurang dari 0,20 menjadi 0,08, untuk payudara bertambah dari 0,05 menjadi 0,12, dan

penambahan jumlah jaringan sisa). Mengingat ketiga situasi pajanan yang diuraikan di atas pada dasarnya merupakan perluasan dari konsep pemanfaatan yang digunakan pada publikasi 60, maka penghambat dosis juga diberlakukan pada semua situasi pajanan tersebut.

Namun demikian, dalam hal prinsip proteksi radiasi, prinsip membenaran, optimisasi proteksi dan aplikasi nilai batas dosis tetap dipertahankan. Demikian pula kategori pajanan tetap dibedakan atas pajanan kerja, pajanan medik dan pajanan publik.

**PENGEMBANGAN KONSEP PENGHAMBAT DOSIS**

Konsep penghambat dosis diperkenalkan pertama kali oleh ICRP pada publikasi 60 pada tahun 1991. Konsep ini diberikan sebagai upaya untuk memastikan bahwa proses optimisasi tidak menghasilkan suatu ketidakadilan dalam bentuk penerimaan dosis yang lebih besar oleh seseorang dibanding yang lain setelah optimisasi dilakukan.

Dalam konsep pada publikasi 60 ICRP ini, penghambat dosis untuk pajanan kerja merupakan nilai dosis individu yang digunakan untuk membatasi rentang pilihan sedemikian rupa sehingga hanya pilihan yang menghasilkan dosis di bawah penghambat yang diambil pada proses optimisasi. Untuk pajanan publik, penghambat dosis adalah batas atas dosis tahunan yang dapat diterima anggota masyarakat dari kegiatan terencana suatu sumber radiasi tertentu. Penghambat dosis pada publikasi 60 ini hanya diberlakukan untuk kegiatan pemanfaatan.

Pada publikasi 103, penghambat dosis diberlakukan pada situasi pajanan terencana dari pajanan kerja dan pajanan publik, kecuali untuk pajanan medik pasien diberlakukan tingkat acuan diagnostik. Untuk situasi pajanan kedaruratan dan situasi pajanan yang ada, ICRP 103 mengusulkan istilah ‘tingkat acuan’ untuk tingkat dosis ini. Tabel 1 memperlihatkan hubungan antara jenis situasi pajanan dan kategori pajanan pada sistem proteksi radiologik di ICRP 103 ini.

Nilai dosis yang berlaku untuk penghambat dosis dan tingkat acuan diberikan dalam suatu rentang dosis efektif, seperti terlihat pada Tabel 2. Batas atas rentang teratas ditetapkan berdasar pertimbangan terjadinya efek deterministik, sementara batas atas dua rentang yang lain masing-masing setara dengan nilai batas dosis untuk pekerja dan masyarakat.

Pemilihan nilai rentang dosis efektif didasarkan pada beberapa rekomendasi ICRP sebelumnya. Rentang teratas berkaitan dengan tingkat acuan untuk situasi pajanan kedaruratan, terutama dengan proyeksi dosis yang tersisa dari suatu kejadian kecelakaan. Rentang tengah terkait dengan semua situasi pajanan: penghambat dosis untuk pajanan kerja pada situasi pajanan terencana ditetapkan di bawah batas dosis 20 mSv per tahun, penghambat untuk pembantu kenyamanan pasien direkomendasikan sekitar 1 hingga 5 mSv per kegiatan, dan tingkat acuan untuk kegiatan pemulihan radon di perumahan dipilih dalam rentang 3-10 mSv.

Tabel 1. Penghambat dosis dan tingkat acuan pada ICRP 103.

Jenis Situasi	Pajanan Kerja	Pajanan Publik	Pajanan Medik
Pajanan terencana	Nilai batas dosis Penghambat dosis	Nilai batas dosis Penghambat dosis	Tingkat acuan diagnostik <sup>d</sup> (Penghambat dosis <sup>e</sup> )
Pajanan kedaruratan	Tingkat acuan <sup>a</sup>	Tingkat acuan	T.B <sup>b</sup>
Pajanan yang ada	T.B <sup>c</sup>	Tingkat acuan	T.B <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Operasi pemulihan jangka panjang harus dipandang sebagai bagian dari pajanan kerja terencana.

<sup>b</sup> Tidak berlaku.

<sup>c</sup> Pajanan yang berasal dari operasi pemulihan jangka panjang atau dari pekerjaan yang berlarut pada daerah terkena dampak harus dipandang sebagai bagian dari pajanan kerja terencana, meskipun sumber radiasinya merupakan ‘pajanan yang ada’.

<sup>d</sup> Untuk pasien.

<sup>e</sup> Untuk pendamping pasien dan relawan pada suatu riset.

Tabel 2. Kerangka untuk penghambat dosis dan tingkat acuan.

<b>Rentang dosis efektif (mSv)</b>	<b>Karakteristik</b>	<b>Persyaratan</b>	<b>Contoh</b>
20 – 100	Pajanan terkendali pada jalur pajanannya	Pengurangan dosis perlu dipertimbangkan	Tingkat acuan pada kedaruratan radiologik
1 – 20	Pajanan terkendali pada sumber atau jalur pajanannya	Untuk situasi pajanan terencana, perlu dilakukan pengkajian pajanan individual dan pelatihan	Penghambat untuk pajanan kerja situasi terencana, penghambat untuk pendamping pasien radiofarmaka, dan tingkat acuan radon di perumahan
≤ 1	Pajanan terkendali langsung pada sumbernya	Dilakukan pengecekan berkala pada jalur pajanan	Penghambat untuk pajanan publik situasi terencana

Dalam penerapan optimisasi untuk pasien yang menjalani pemeriksaan medik diagnostik tertentu, ICRP merekomendasikan untuk menggunakan konsep tingkat acuan diagnostik. Tingkat acuan ini berfungsi sebagai tolok ukur untuk mengindikasikan apakah tingkat dosis pasien atau aktivitas yang diberikan pada pasien lebih tinggi atau lebih rendah untuk pemeriksaan tersebut. Jika hal ini terjadi perlu dilakukan kajian apakah tindakan proteksi telah dioptimisasikan, atau apakah tindakan perbaikan perlu dilakukan.

**APLIKASI**

Optimisasi proteksi merupakan salah satu prinsip proteksi radiologik yang perlu diberlakukan di setiap kegiatan, baik pada tahap desain, konstruksi, operasional, maupun saat kedaruratan. Khusus untuk keadaan kedaruratan, optimisasi untuk rencana kesiapsiagaan dan tanggap darurat dengan menggunakan penghambat dosis dapat dibuat. Tetapi jika keadaan kedaruratan benar-benar terjadi, penghambat dosis tidak dapat digunakan secara wajar karena tidak mungkin untuk merencanakan pengurangan dosis yang dapat diupayakan. Hal ini yang menyebabkan ICRP menggunakan istilah ‘tingkat acuan’ dan bukan ‘penghambat dosis’ untuk situasi pajanan kedaruratan. Tindakan intervensi yang dilakukan hanya berusaha untuk mencapai tingkat acuan tersebut.

Kondisi yang sama juga berlaku untuk situasi pajanan yang ada. Tindakan intervensi yang dilakukan hanya untuk mencapai suatu tingkat dosis tertentu, dan besar dosis yang dapat dikurangi tidak pernah dapat dipastikan. Karena

itu, untuk situasi pajanan yang ada, istilah yang digunakan juga ‘tingkat acuan’.

Tahap operasional merupakan tahapan yang unik karena kedua situasi – situasi pajanan terencana dan kedaruratan – dapat terjadi. Sebagian besar kegiatan dapat direncanakan sebelumnya dengan tingkat kepastian yang cukup tinggi. Optimisasi proteksi *a priori* untuk kegiatan semacam ini perlu dibatasi dengan penghambat dosis. Namun, ada beberapa kegiatan kerja yang cukup sulit direncanakan. Untuk kegiatan pemeliharaan atau penyelamatan, misalnya, akan cukup sulit menetapkan penghambat dosis dengan pasti karena tidak ada seorang pun yang dapat memastikan nilainya dapat dicapai. Batas dosis individu, namun demikian, tetap diperlukan untuk mengoptimisasikan kegiatan ini.

Pada ICRP publikasi 60 dikenal istilah ‘tingkat intervensi’, ‘tingkat tindakan’, dan ‘tingkat acuan generik’. Tingkat intervensi adalah nilai dosis individu pada situasi pajanan kedaruratan yang dapat dihindari jika tindakan protektif dilakukan, tingkat tindakan adalah nilai laju dosis atau konsentrasi aktivitas pada situasi pajanan kronik atau kedaruratan yang jika dilampaui harus dilakukan tindakan protektif, sementara tingkat acuan generik adalah nilai dosis individu pada situasi pajanan yang ada, atau situasi pajanan kronik (istilah pada ICRP publikasi 60), yang jika dilampaui harus dilakukan tindakan intervensi.

Pada ICRP publikasi 103, ketiga istilah di atas semuanya disamakan menjadi satu istilah, yaitu ‘tingkat acuan’. Penyamaan ini

dimaksudkan pula untuk menyederhanakan istilah yang digunakan dalam mengambil tindakan jika suatu tingkat dosis tertentu dilampaui.

Tabel 3 memperlihatkan nilai untuk penghambat dosis dan tingkat acuan untuk situasi pajanan terencana, situasi pajanan kedaruratan dan situasi pajanan yang ada yang diberikan pada IRCP publikasi 103, dan dibandingkan dengan nilai yang diberikan pada beberapa publikasi ICRP sebelumnya.

Seperti terlihat pada Tabel 3, nilai dosis individu untuk penghambat dosis pada situasi pajanan terencana yang diberikan pada ICRP publikasi 103 tidak berbeda dengan yang diberikan pada publikasi ICRP sebelumnya. Sementara untuk situasi pajanan kedaruratan dan situasi pajanan yang ada, selain penyamaan istilah seperti yang disinggung di atas, nilai dosis untuk beberapa tingkat acuan juga disederhanakan.

Penghambat dosis, dengan demikian, perlu dilakukan setiap kali dilakukan perencanaan untuk melakukan suatu jenis pekerjaan tertentu. Dengan kata lain, setiap kali ada perubahan prosedur operasi dan susunan pekerjaan, perlu dilakukan optimisasi dengan menetapkan suatu penghambat dosis yang sesuai. Untuk suatu fasilitas radiasi yang prosedur operasinya tidak akan berubah dalam waktu yang cukup lama, optimisasi hanya perlu dilakukan di saat perencanaan awal pekerjaan.

### **PENGHAMBAT DOSIS PADA PERATURAN PERUNDANGAN NASIONAL**

Di Indonesia, penghambat dosis dikenal sebagai ‘pembatas dosis’ pada Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 33 Tahun 2007. Tidak ada definisi mengenai pembatas dosis yang diberikan oleh PP ini, namun pada Pasal 35 dinyatakan bahwa penerapan optimisasi dilaksanakan melalui pembatas dosis dan tingkat panduan untuk paparan medik. Selanjutnya, Pasal 36 menyatakan bahwa:

- (1) Pembatas dosis .... ditentukan oleh Pemegang Izin setelah mendapat persetujuan dari Kepala BAPETEN.

- (2) Penentuan pembatas dosis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak boleh melampaui Nilai Batas Dosis.
- (3) Dalam hal terdapat lebih dari satu fasilitas atau instalasi di satu kawasan, pembatas dosis wajib ditetapkan dengan mempertimbangkan kontribusi dosis dari masing-masing fasilitas atau instalasi.
- (4) Dalam hal personil bekerja lebih dari satu fasilitas atau instalasi, pembatas dosis sebagaimana dimaksud pada ayat (3) wajib diberlakukan.

Ketentuan lebih lanjut mengenai pembatas dosis diberikan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Perka BAPETEN) Nomor 5 Tahun 2009, Perka BAPETEN Nomor 6 Tahun 2009, dan Perka BAPETEN Nomor 7 Tahun 2009. Di ketiga Perka BAPETEN ini ditetapkan bahwa pembatas dosis untuk masyarakat tidak boleh melampaui 0,3 mSv per tahun, dan harus ditinjau ulang oleh Pemegang Izin secara berkala paling kurang satu kali dalam setahun.

Menarik bahwa PP Nomor 33 Tahun 2007 menggunakan istilah ‘pembatas dosis’ untuk menerjemahkan *dose constraint* yang diberikan oleh ICRP dan IAEA. Istilah ‘pembatas dosis’ ini cukup membingungkan, karena sedikit membuat rancu dengan istilah ‘nilai batas dosis’. Bukankah ‘pembatas’ mengandung maksud yang sama dengan ‘nilai batas’, yaitu sama-sama bertujuan untuk membatasi?

Berdasar IAEA, tujuan *dose constraint* adalah untuk memberikan batas atas nilai dosis individu dari suatu sumber radiasi yang dipandang dapat diterima dalam proses optimisasi proteksi untuk sumber radiasi tersebut. Pada standar keselamatan dasar IAEA terbaru, *dose constraint* didefinisikan sebagai nilai prospektif dan terkait sumber dari dosis individu yang digunakan pada situasi pajanan terencana sebagai parameter untuk optimisasi proteksi dan keselamatan untuk sumber radiasi, dan bertindak sebagai batas dalam menentukan rentang pilihan dalam pelaksanaan optimisasi.

Tabel 3. Nilai penghambat dosis dan tingkat acuan untuk tiga situasi pajanan.

Kategori pajanan	Publikasi 60 dan setelahnya	Publikasi 103
Situasi pajanan terencana:		
	Penghambat dosis	
Pajanan kerja	≤20 mSv/tahun	≤20 mSv/tahun
Pajanan publik:		
- umum	-	Sesuai situasi
- pembuangan limbah radioaktif	≤0,3 mSv/tahun	≤0,3 mSv/tahun
- pembuangan limbah radioaktif umur panjang	≤0,3 mSv/tahun	≤0,3 mSv/tahun
- pajanan berkepanjangan	< ~1 & ~0,3 mSv/th	< ~1 & ~0,3 mSv/th <sup>a</sup>
- komponen panjang dari nuklida berumur panjang	≤0,1 mSv/tahun	≤0,1 mSv/tahun
Pajanan medik:		
a. relawan untuk riset biomedik, jika manfaat bagi masyarakat:		
- kecil	<0,1 mSv	<0,1 mSv
- menengah	0,1-1 mSv	0,1-1 mSv
- sedang	1-10 mSv	1-10 mSv
- penting	>10 mSv	>10 mSv
b. pendamping pasien	5 mSv per periode	5 mSv per periode
Situasi pajanan kedaruratan:		
	Tingkat intervensi	Tingkat acuan
Pajanan kerja:		
- penyelamatan nyawa (relawan terinfo)	Tidak ada batasan dosis	Tidak ada batasan dosis
- operasi penyelamatan segera yang lain	~500 mSv; ~5 Sv (kulit)	1000 atau 500 mSv
- operasi penyelamatan yang lain	-	≤100 mSv
Pajanan publik:		
- bahan pangan	10 mSv/tahun	
- distribusi iodin stabil	50-500 mSv (thyroid)	
- berlindung	5-50 mSv dalam 2 hari	
- evakuasi sementara	50-500 mSv dlm sminggu	
- relokasi permanen	100 mSv th pertama atau 1000 mSv	
- semua penanggulangan digabung dalam strategi proteksi menyeluruh	-	Dalam perencanaan, biasanya antara 20-100 mSv/tahun sesuai situasi
Situasi pajanan yang ada:		
	Tingkat tindakan	Tingkat acuan
Radon:		
- Di pemukiman	3-10 mSv/tahun (200-600 Bq m <sup>-3</sup> )	<10 mSv/tahun (<600 Bq m <sup>-3</sup> )
- Di tempat kerja	3-10 mSv/tahun (500-1500 Bq m <sup>-3</sup> )	<10 mSv/tahun (<1500 Bq m <sup>-3</sup> )
	Tingkat acuan generik	Tingkat acuan
NORM*, residu radioaktif pada habitat manusia		
Intervensi:		
- tidak dapat dibenarkan		
- dapat dibenarkan	<~10 mSv/tahun	Antara 1 dan 20
- hampir selalu dapat dibenarkan	>~10 mSv/tahun	mSv/tahun sesuai situasi
	Hampir 100 mSv/tahun	

\*) NORM: *naturally occurring radioactive material*, bahan radioaktif yang terjadi secara alamiah.



Dari uraian di atas bahwa *dose constraint* hanya berfungsi sebagai alat dalam proses optimisasi untuk menghambat agar dosis yang mungkin diterima tidak mencapai nilai batas dosis. Dengan demikian, terjemahan untuk *dose constraint* yang lebih tepat barangkali adalah ‘penghambat dosis’.

Menarik pula bahwa PP No. 33 Tahun 2007 menyatakan bahwa penerapan optimisasi dilaksanakan melalui pembatas dosis, dan tingkat panduan untuk pajanan medik. Dari kalimat ini jelas tersurat dan tersirat bahwa optimisasi hanya dilaksanakan dengan ‘pembatas dosis’. Pernyataan ini kurang sesuai dengan pendapat IAEA bahwa proses optimisasi dapat dilakukan melalui analisis kualitatif yang intuitif atau analisis kuantitatif dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan (*decision aiding techniques*) untuk mencapai tujuan berikut:

- (a) menentukan tindakan proteksi dan keselamatan yang optimal untuk keadaan yang berlaku, dengan mempertimbangkan pilihan proteksi dan keselamatan yang ada, dan juga sifat, besar dan kemungkinan pajanannya, dan
- (b) menetapkan kriteria, berdasar hasil optimisasi, mengenai pembatasan besar pajanan dan kemungkinan terjadinya melalui tindakan yang dilakukan untuk mencegah kecelakaan dan mengurangi konsekuensinya.

Pihak BAPETEN menyatakan bahwa klausul ‘penerapan optimisasi dilaksanakan melalui pembatas dosis ...’ merupakan terjemahan dari klausul ‘optimization .... shall be subject to dose constraints ...’ yang terdapat pada dokumen standar keselamatan dasar IAEA yang terbit sebagai *Safety Series* No. 115 (1996). Dalam hal ini dapat dijelaskan bahwa ungkapan ‘subject to’ bukan berarti ‘dilaksanakan’, namun ‘tunduk pada’, atau ‘harus memenuhi’. Dengan demikian, kalimat yang lebih tepat adalah ‘penerapan optimisasi harus memenuhi penghambat dosis ..’, yang dinyatakan dalam suatu besaran dosis tertentu, sementara kegiatan penerapan optimisasi itu sendiri dilaksanakan

melalui suatu manajemen kerja dengan bantuan beberapa teknik keputusan (*decision aiding techniques*) yang dapat dipilih oleh pemegang izin.

Pada sebagian besar situasi kerja, pendekatan kualitatif berdasar kajian profesional telah cukup untuk mengambil keputusan mengenai tingkat proteksi yang dapat dicapai. Namun, untuk situasi kerja yang lebih kompleks seperti fasilitas reaktor, penggunaan pendekatan yang lebih terstruktur akan lebih diperlukan. Untuk situasi ini, pendekatan kualitatif dengan analisis biaya-manfaat atau analisis multikriteria dapat berguna dalam mengambil keputusan.

Penetapan nilai penghambat dosis (atau ‘pembatas dosis’) sebesar 0,3 mSv per tahun untuk pajanan publik dari kegiatan pemanfaatan di bidang industri (radiografi, *well logging* dan *gauging*), dan keharusan untuk dilakukannya tinjauan ulang setiap tahun juga tidak sesuai dengan rekomendasi yang diberikan oleh ICRP secara lebih luwes.

Seperti terlihat pada Tabel 3, penghambat dosis sebesar 0,3 mSv per tahun lebih ditujukan untuk kegiatan terkait pembuangan limbah radioaktif, sementara untuk kegiatan yang lebih umum rekomendasinya adalah disesuaikan dengan situasi yang ada. Dalam hal tinjauan ulang, ICRP sama sekali tidak memberikan rekomendasi untuk melakukannya. ICRP hanya meminta agar penghambat dosis ditetapkan setiap kali dilakukannya pekerjaan dengan prosedur baru yang berbeda dengan sebelumnya. Jika prosedur kerja tidak berubah, tidak perlu dilakukan tinjauan ulang terhadap nilai penghambat dosis yang telah ditetapkan tersebut.

Lebih jauh, IAEA juga menegaskan bahwa akan lebih pantas bagi badan pengawas untuk mendorong pengembangan nilai penghambat dosis untuk pajanan kerja pada pemanfaatan yang mendapat pengawasan, dibanding menetapkan nilai penghambat yang spesifik.

## **KESIMPULAN**

Penghambat dosis, atau ‘pembatas dosis’ seperti istilah yang digunakan dalam PP 33

Tahun 2007, merupakan salah satu konsep pada proteksi radiasi yang digunakan pada prinsip optimisasi proteksi untuk membatasi dosis individu, dan digunakan untuk memastikan bahwa proses optimisasi tidak menghasilkan suatu ketidakadilan dalam bentuk penerimaan dosis yang lebih besar oleh seseorang dibanding yang lain setelah optimisasi dilakukan. Penghambat dosis perlu ditetapkan setiap kali dilakukan perencanaan untuk melakukan suatu jenis pekerjaan tertentu, dan tidak perlu diubah selama prosedur operasi pekerjaan tersebut tidak berubah dalam waktu yang cukup lama.

**DAFTAR PUSTAKA**

- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1-3), 1991.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Principles for intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. ICRP Publication 63. Ann. ICRP 22 (4), 1993.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Release of Patients After Therapy with Unsealed Sources. ICRP Publication 94. Ann. ICRP 34 (2), 2004.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. Ann. ICRP 23 (2), 1994.
- PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, 2007.
- PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR Nomor 5 Tahun 2009 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Zat Radioaktif Untuk Well Logging, 2009.
- PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR Nomor 6 Tahun 2009 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Zat Radioaktif dan Pesawat Sinar-X Untuk Peralatan Gauging, 2009.
- PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR Nomor 7 Tahun 2009 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Peralatan Radiografi Industri, 2009.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Occupational Radiation Protection. Safety Standards Series No. RS-G-1.1. IAEA, Vienna, 1999.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Interim Edition. General Safety Requirements Part 3. No. GSR Part 3 (Interim). IAEA, Vienna, 2011.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No.115. IAEA, Vienna, 1996.