



**BUKU PINTAR  
PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI  
DI RUMAH SAKIT**

Penulis :  
Eri Hiswara

# **BUKU PINTAR**

## **PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI**

### **DI RUMAH SAKIT**

**Penulis:**

**Eri Hiswara**



**batan press**

# **BUKU PINTAR PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI DI RUMAH SAKIT**

Penulis: **Eri Hiswara**

Cetakan Pertama, November 2015

Editor: **Benny Zulkarnaen**

Penyunting: **Fadil Nazir**

Desain Sampul & Tata Letak: **Agus Rial & Aan D'Tech**

Diterbitkan oleh:

**BATAN Press**, anggota IKAPI

Jl. Lebak Bulus Raya No. 49

Ged. Perasten Kawasan Nuklir Pasar Jumat

Jakarta Selatan 12440

Telp.: +62 21 7659401; Faks.: +62 21 75913833

*E-mail: batanpress@batan.go.id*

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

**Eri Hiswara.**

Buku Pintar Proteksi Dan Keselamatan Radiasi Di Rumah Sakit/Penulis, Eri Hiswara;  
editor, Benny Zulkarnaen; penyunting, Fadil Nazir, -- Jakarta.

: Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN Press), 2015.

xii + 93 hlm; 15 x 21 cm

ISBN 978-979-8500-68-8

1. Manusia, Pengaruh radiasi pada.

I. Judul.

II. Benny Zulkarnaen

III. Fadil Nazir.

616.989 7

©Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

## PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit baru yang lahir pada bulan Oktober 2015, BATAN Press ingin menyajikan terbitan buku-buku ilmiah guna menambah kasanah ilmu pengetahuan dan teknologi bagi masyarakat Indonesia khususnya bidang proteksi radiasi yang banyak bersentuhan dengan masyarakat modern seiring dengan meningkatnya masalah kesehatan. Nuklir karunia Allah SWT harus dimanfaatkan sebesar mungkin untuk kesejahteraan dan bermanfaat bagi hajat hidup orang banyak. Terbitan kedua ini, buku dengan judul *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit* ini sudah sejak lama digagas dikarenakan sedikitnya pengetahuan tentang radiasi di masyarakat.

Buku pintar ini berusaha menjawab keresahan atau kekhawatiran masyarakat terhadap paparan radiasi akibat pasien berobat menggunakan terapi radiasi, alat kesehatan dengan sumber radiasi ataupun pada jarak berapa sih? aman bagi keluarga yang mendampingi pasien. Di samping itu buku ini menjelaskan penggunaan alat ukur untuk memantau paparan radiasi yang timbul dengan adanya sumber radiasi yang digunakan.

Akhir kata kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi masukan, saran dan kritik demi sempurnanya buku pintar ini serta pihak-pihak yang telah bersusah payah membantu kami dalam proses penerbitan buku ini.

BATAN Press

## KATA PENGANTAR

Aplikasi radiasi di berbagai bidang di Indonesia telah cukup meluas. Berdasar data Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) yang ditampilkan pada situsnya, sampai awal April 2015 telah diterbitkan sebanyak 12.189 izin pemanfaatan tenaga nuklir untuk 2.894 instansi di seluruh Indonesia. Dari seluruh izin dan instansi tersebut, sebanyak 6.196 izin, atau sekitar 50,8%, dan 2.061 instansi, atau sekitar 71,2%, merupakan izin dan instansi pemanfaatan di bidang medik. Data ini menggambarkan bahwa bidang medik merupakan bidang pemanfaatan tenaga nuklir yang terbesar di Indonesia.

Selain membawa manfaat yang sangat besar, pemanfaatan tenaga nuklir diketahui pula memiliki efek yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Efek radiasi dapat berupa deterministik atau stokastik. Efek deterministik, yang saat ini sebutannya diganti menjadi efek reaksi jaringan, merupakan efek yang dapat terjadi pada suatu organ atau jaringan tubuh tertentu yang menerima radiasi dengan dosis tinggi, sementara efek stokastik merupakan efek akibat penerimaan radiasi dosis rendah di seluruh tubuh yang baru diderita oleh orang yang menerima dosis setelah selang waktu tertentu, atau oleh turunannya. Dengan adanya kedua jenis efek yang berbahaya ini maka setiap aplikasi radiasi di Indonesia harus diatur dan diawasi secara ketat secara internal oleh bagian keselamatan dan kesehatan kerja dari instansi atau perusahaan yang memanfaatkan radiasi tersebut, dan secara eksternal oleh BAPETEN yang diberi tanggung jawab untuk melaksanakan pengawasan tersebut.

Buku ini memberikan panduan praktis dalam melaksanakan upaya proteksi dan keselamatan radiasi yang diperlukan agar pemanfaatan radiasi di bidang medik ini berjalan dengan aman dan selamat. Panduan diberikan untuk ketiga aplikasi radiasi di bidang medik, yaitu radiodiagnostik, radio terapi dan kedokteran nuklir.

Penulis menyadari bahwa isi maupun penyajian buku ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca sekalian untuk menyempurnakannya di kemudian hari.

Buku ini diharapkan dapat dimanfaatkan baik bagi Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir di bidang medik, Petugas Proteksi Radiasi di bidang medik, dan juga segenap pihak yang tugasnya bersinggungan dengan pemanfaatan radiasi di bidang medik. Aplikasi panduan praktis yang diberikan pada buku ini diharapkan dapat membantu dalam mewujudkan tujuan kecelakaan nihil dalam pemanfaatan tenaga nuklir di bidang medik.

Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penerbitan buku ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Penghargaan juga ditujukan kepada Pusat Diseminasi dan Kemitraan Badan Tenaga Nuklir Nasional yang bersedia menerbitkan buku ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan selamat membaca, dan semoga penerbitan buku ini mencapai tujuannya.

Jakarta, Mei 2015

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR PENERBIT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
BAB II KONSEP DASAR RADIASI PENGION .....	5
2.1. Atom dan Inti Atom .....	5
2.2. Radioaktivitas dan Sumber Radiasi .....	11
2.3. Dosimetri Radiasi .....	15
2.4. Efek Kesehatan Radiasi .....	20
BAB III KETENTUAN UMUM PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI .....	27
3.1. Prinsip Proteksi Radiasi .....	27
3.2. Proteksi Radiasi Eksternal .....	29
3.3. Proteksi Radiasi Internal .....	33
3.4. Persyaratan Perundang-undangan .....	35
BAB IV PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI PADA RADIODIAGNOSTIK .....	46
4.1. Tugas dan Tanggung Jawab .....	46
4.2. Pekerja Hamil .....	49
4.3. Perlengkapan Proteksi Radiasi Pada Radiologi Diagnostik .....	50
4.4. Ruang Pesawat Sinar-X .....	54
4.5. Pedoman Umum Proteksi dan Keselamatan Radiasi .....	56
4.6. Pedoman Proteksi dan Keselamatan Radiasi Pesawat Sinar-X Mamografi .....	58

4.7. Pedoman Proteksi dan Keselamatan Radiasi Pesawat Sinar-X Gigi .....	58
<b>BAB V PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI PADA RADIO TERAPI .....</b>	<b>59</b>
5.1. Tugas dan Tanggung Jawab .....	59
5.2. Perlengkapan Proteksi Radiasi Pada Radio terapi .....	62
5.3. Pedoman Umum Proteksi dan Keselamatan Radiasi Pada Radio terapi .....	63
5.4. Penanggulangan Kedaruratan .....	65
<b>BAB VI PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI PADA KEDOKTERAN NUKLIR .....</b>	<b>69</b>
6.1. Tugas dan Tanggung Jawab .....	69
6.2. Perlengkapan Proteksi Radiasi Untuk Penggunaan Kedokteran Nuklir In-Vitro .....	74
6.3. Perlengkapan Proteksi Radiasi Untuk Penggunaan Kedokteran Nuklir Diagnostik In-Vivo dan/atau Penelitian Medik Klinik dan Penggunaan Kedokteran Nuklir Terapi .....	74
6.4. Pedoman Umum Proteksi dan Keselamatan Radiasi Pada Kedokteran Nuklir .....	75
6.5. Aplikasi I-131 Untuk Terapi Kanker Tiroid .....	78
6.6. Thyrotoksikosis .....	82
6.7. Terapi Y-90 .....	84
6.8. Terapi Sr-89 .....	84
6.9. Penanggulangan Kedaruratan .....	85
<b>BAB VII PENUTUP .....</b>	<b>89</b>
<b>DAFTAR BACAAN .....</b>	<b>91</b>
<b>RIWAYAT SINGKAT PENULIS .....</b>	<b>93</b>



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Dosis rata-rata dari sumber radiasi alam .....	14
Tabel 2.2 Dosis radiasi per kapita tahunan sumber radiasi buatan .....	14
Tabel 2.3 Faktor bobot radiasi, $w_R$ .....	17
Tabel 2.4 Faktor bobot jaringan, $w_T$ .....	19
Tabel 2.5 Efek radiasi kulit .....	21
Tabel 3.1 Nilai batas dosis .....	28
Tabel 3.2 Tingkat rujukan diagnostik untuk radiografi diagnos-tik pasien dewasa .....	38
Tabel 3.3 Tingkat rujukan diagnostik untuk CT Scan pasien dewasa .....	39
Tabel 3.4 Tingkat rujukan diagnostik untuk mammografi pasien dewasa .....	39
Tabel 3.5 Tingkat rujukan diagnostik untuk laju dosis fluoros-kopi pasien dewasa .....	39
Tabel 3.6 Tingkat rujukan diagnostik untuk aktivitas radionuklida pasien diagnostik .....	40
Tabel 4.1 Ukuran ruangan fasilitas pesawat sinar-X .....	53
Tabel 4.2 Ukuran ruangan fasilitas pesawat sinar-X mobile station ...	53
Tabel 6.1 Jangka waktu untuk menunda kehamilan setelah terapi .....	74
Tabel 6.2 Penghentian pemberian air susu ibu setelah pemberian radiofarmaka .....	75

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Model atom Bohr .....	5
Gambar 2.2 Proses ionisasi (kiri) dan eksitasi (kanan) .....	7
Gambar 2.3 Proses pembentukan sinar-X karakteristik .....	10
Gambar 2.4. Proses pembentukan bremsstrahlung .....	10
Gambar 2.5 Faktor bobot radiasi neutron sebagai fungsi energi .....	18
Gambar 2.6 Efek deterministik radiasi .....	20
Gambar 2.7 Efek stokastik radiasi .....	23
Gambar 3.1 Kurva jarak jangkauan vs energi untuk partikel beta .....	30
Gambar 4.1 Perlengkapan proteksi radiasi pada radiologi diagnostik .....	49
Gambar 4.2 Tirai timbal .....	50
Gambar 4.3 Dosimeter perorangan pasif .....	51
Gambar 4.4 Dosimeter perorangan aktif .....	52
Gambar 5.1 Tombol “Emergency OFF” untuk mematikan pesawat Co-60 .....	64
Gambar 5.2 Pemindahan pasien dari bawah berkas radiasi Co-60 .....	64

# BAB I

## PENDAHULUAN

Berdasar Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997, istilah 'ketenaganukliran' pada dasarnya mengacu bahan nuklir, zat radioaktif dan atau sumber radiasi lainnya. Bahan nuklir (seperti uranium-235 dan plutonium-239) digunakan untuk memproduksi energi listrik, sementara zat radioaktif (seperti Cobalt-60 dan iridium-192) dan atau sumber radiasi lainnya (seperti pesawat sinar-X atau LINAC, akselerator linier) telah dimanfaatkan di berbagai bidang terutama medik, industri dan pertanian.

Ketiga sumber radiasi di atas memiliki satu kesamaan, yaitu sama-sama memancarkan radiasi pengion yang dapat menghasilkan ion dari suatu atom pada materi yang dilintasinya. Radiasi pengion ini dapat berbentuk partikel atau gelombang dengan energi yang tinggi. Beberapa contoh radiasi pengion adalah partikel alfa, partikel beta, sinar gamma, sinar-X, dan neutron.

Selain radiasi pengion, sebenarnya ada satu bentuk radiasi lain yang disebut sebagai radiasi non-pengion. Berbeda dengan radiasi pengion, radiasi non-pengion tidak memiliki energi yang cukup untuk mengionisasi atom dari materi yang dilintasinya. Beberapa contoh radiasi non-pengion adalah cahaya tampak, gelombang radio, *microwave*, dan ultraviolet.

Buku ini hanya membahas proteksi dan keselamatan terhadap radiasi pengion, mengingat jenis radiasi ini banyak digunakan dan telah memberikan manfaat yang besar bagi kesejahteraan manusia. Untuk selanjutnya, istilah radiasi pengion akan disebut hanya sebagai radiasi.

Setiap jenis radiasi di atas memiliki kemampuan menembus materi yang berbeda satu sama lain. Karena kemampuannya untuk menembus materi ini, radiasi telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang untuk meningkatkan taraf hidup manusia. Aplikasi yang terbanyak adalah di bidang medik, terutama di rumah sakit, disusul oleh industri, riset, pertanian dan energi.

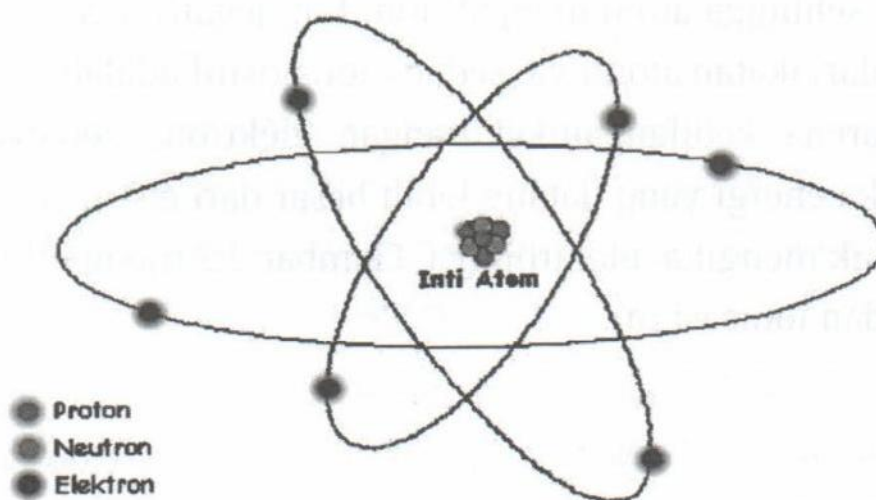
## BAB II

# KONSEP DASAR RADIASI PENGION

### 2.1. Atom dan Inti Atom

Jika semua bahan (materi) yang ada di alam ini dipotong-potong hingga sekecil-kecilnya, akan diperoleh bagian dari materi yang disebut atom. Atom adalah bagian terkecil dari suatu materi yang memiliki sifat dasar dari materi tersebut. Di alam, atom-atom akan terikat oleh suatu ikatan kimia dalam proporsi tertentu untuk membentuk molekul. Sebagai contoh, air atau  $H_2O$  adalah molekul yang terdiri atas dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Sampai saat ini telah diketahui 92 atom yang terbentuk secara alamiah, dan beberapa atom lain yang dibuat manusia.

Banyak teori yang telah dikembangkan untuk mempelajari sifat dan karakteristik atom, namun yang paling sering digunakan adalah model atom Bohr. Menurut Niels Bohr, atom terdiri atas inti atom dan elektron-elektron yang mengelilinginya pada orbit atau kulit tertentu. Inti atom sendiri terdiri atas proton dan neutron, yang masing-masing sering pula disebut sebagai nukleon (pembentuk inti). Gambar 2.1 memperlihatkan model atom yang dikembangkan Bohr.



Gambar 2.1. Model atom Bohr

## **BAB III**

# **KETENTUAN UMUM PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI**

### **3.1. Prinsip Proteksi Radiasi**

Untuk mencapai tujuan proteksi dan keselamatan dalam pemanfaatan diperlukan prinsip utama proteksi radiasi. Kerangka konseptual dalam prinsip proteksi radiasi ini terdiri atas pembenaran (justifikasi), optimisasi proteksi, dan pembatasan dosis.

#### **3.1.1. Pembenaran (justifikasi)**

Suatu pemanfaatan harus dapat dibenarkan jika menghasilkan keuntungan bagi satu atau banyak individu dan bagi masyarakat terpajan untuk mengimbangi kerusakan radiasi yang ditimbulkannya. Kemungkinan dan besar pajanan yang diperkirakan timbul dari suatu pemanfaatan harus diperhitungkan dalam proses pembenaran.

Pajanan medik, sementara itu, harus mendapat pembenaran dengan menimbang keuntungan diagnostik dan terapi yang diharapkan terhadap kerusakan radiasi yang mungkin ditimbulkan. Keuntungan dan risiko dari teknik lain yang tidak melibatkan pajanan medik juga perlu diperhitungkan.

#### **3.1.2. Optimisasi**

Dalam kaitan dengan pajanan dari suatu sumber tertentu dalam pemanfaatan, proteksi dan keselamatan harus dioptimisasikan agar besar dosis individu, jumlah orang terpajan, dan kemungkinan terjadinya pajanan ditekan serendah mungkin (*ALARA, as low as reasonably achievable*), dengan memperhitungkan faktor ekonomi dan sosial, dan dengan pembatasan bahwa dosis yang diterima sumber memenuhi penghambat dosis. Dalam hal pajanan

## **BAB IV**

# **PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI PADA RADIODIAGNOSTIK**

### **4.1. Tugas dan Tanggung Jawab**

Personil yang bekerja pada instalasi yang menggunakan pesawat sinar-X terpasang tetap, pesawat sinar-X *mobile*, pesawat sinar-X tomografi, pesawat sinar-X pengukur densitas tulang, pesawat sinar-X penunjang ESWL, dan pesawat sinar-X C-Arm penunjang bedah paling kurang terdiri atas:

- a. dokter spesialis radiologi atau dokter yang berkompeten;
- b. petugas proteksi radiasi; dan
- c. radiografer.

Personil yang bekerja pada instalasi yang menggunakan pesawat sinar-X mamografi, pesawat sinar-X CT Scan, pesawat sinar-x Fluoroskopi, pesawat sinar-X C-Arm/U-Arm angiografi, pesawat sinar-X CT Scan angiografi, pesawat sinar-X CT Scan fluoroskopi, pesawat sinar-X simulator, dan pesawat sinar-X C-Arm brakiterapi paling kurang terdiri atas:

- a. dokter spesialis radiologi atau dokter yang berkompeten;
- b. tenaga ahli dan/atau fisikawan medik;
- c. petugas proteksi radiasi; dan
- d. radiografer.

Personil yang bekerja pada instalasi yang menggunakan pesawat sinar-X untuk pemeriksaan bidang kedokteran gigi paling kurang terdiri atas:

- a. dokter gigi spesialis radiologi kedokteran gigi atau dokter gigi yang berkompeten atau dokter spesialis radiologi;
- b. petugas proteksi radiasi; dan

## BAB V

# PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI PADA RADIO TERAPI

### 5.1. Tugas dan Tanggung Jawab

Personil pada instalasi radio terapi terdiri atas dokter spesialis radio terapi atau dokter spesialis radiologi konsultan radio terapi, tenaga ahli dan/atau fisikawan medik, petugas proteksi radiasi, radio terapis, dosimetris, teknisi elektromedik, perawat dan teknisi ruang cetak.

Tugas dan tanggung jawab dokter spesialis radio terapi atau dokter spesialis radiologi konsultan radio terapi adalah:

- a. menentukan dan menjustifikasi pengobatan radio terapi dalam bentuk tertulis;
- b. memberikan konsultasi dan evaluasi klinis terhadap pasien;
- c. menetapkan rencana pengobatan yang optimal bekerjasama dengan fisikawan medik;
- d. mengontrol tindakan pengobatan secara rutin atau berkala;
- e. memberikan evaluasi pengobatan dan pemantauan pasien pasca pengobatan;
- f. memberikan ringkasan, tindak lanjut, dan evaluasi pengobatan radio terapi; dan
- g. memberikan evaluasi dari aspek medis jika ada kecelakaan radiasi.

Tugas dan tanggung jawab tenaga ahli, yang memiliki pendidikan paling kurang S2 fisika medik, adalah:

- a. meninjau ulang program proteksi dan keselamatan radiasi; dan
- b. memberikan pertimbangan kepada Pemegang Izin berdasarkan aspek keselamatan radiasi, praktik rekayasa yang teruji, dan kajian keselamatan secara komprehensif untuk peningkatan layanan radio terapi.

# BAB VI

## PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI PADA KEDOKTERAN NUKLIR

### 6.1. Tugas dan Tanggung Jawab

Personil pada penggunaan kedokteran nuklir diagnostik *in vitro* paling kurang meliputi:

- a. analisis kesehatan; dan
- b. petugas proteksi radiasi.

Personil pada penggunaan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* dan/atau penelitian medik klinik dan penggunaan kedokteran nuklir terapi paling kurang meliputi:

- a. dokter spesialis kedokteran nuklir;
- b. tenaga ahli dan/atau fisikawan medis;
- c. petugas proteksi radiasi;
- d. radiofarmasis;
- e. radiografer; dan
- f. perawat.

Tugas dan tanggung jawab analisis kesehatan adalah:

- a. melakukan elusi dan preparasi radionuklida dan/atau radiofarmaka;
- b. mencatat dan melaporkan jumlah dan aktivitas radionuklida dan/atau radiofarmaka yang telah digunakan;
- c. mencatat sisa radionuklida dan/atau radiofarmaka yang tidak digunakan dan memastikan penyimpanannya;
- d. membuat *logbook* harian dan laporan bulanan secara tertulis mengenai penggunaan radionuklida dan/atau radiofarmaka;
- e. mendokumentasikan seluruh kegiatan penggunaan radionuklida dan/atau radiofarmaka;
- f. melaporkan segera kepada petugas proteksi radiasi bila terjadi kecelakaan radiasi; dan



## **BAB VII**

### **PENUTUP**

Komite Ilmiah PBB untuk Efek Radiasi Atom (UNSCEAR, *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) menyatakan bahwa dalam waktu 20 tahun sejak 1988 hingga 2008 telah terjadi peningkatan pemeriksaan radiodiagnostik lebih dari dua kalinya, dengan jumlah pemeriksaan pada tahun 2008 mencapai hampir 10 juta pemeriksaan setiap harinya.

Dalam hal radio terapi, UNSCEAR memperkirakan bahwa pada periode 1997-2007 aplikasi globalnya meningkat menjadi 5,1 juta penyinaran dari 4,7 juta penyinaran pada kurun waktu 1991-1996. Sekitar 4,7 juta pasien mendapat perlakuan radio terapi eksternal, sementara 0,4 juta mendapat penyinaran brakiterapi. WHO, sementara itu, memperkirakan setiap tahun jumlah kasus kanker baru akan meningkat menjadi sekitar 15 juta pada tahun 2015 dibanding 9 juta pada tahun 1995, dengan dua pertiganya terjadi di negara berkembang.

Untuk aplikasi pada kedokteran nuklir, UNSCEAR juga menyatakan telah terjadi peningkatan baik untuk kepentingan pemeriksaan diagnostik maupun terapi. Untuk kedokteran nuklir diagnostik frekuensi pemeriksaan tahunan naik dari 0,9 per 1.000 populasi pada tahun 1970-1979 menjadi 1,1 per 1000 populasi pada tahun 1997-2007, dan untuk kedokteran nuklir terapeutik juga meningkat dari 0,036 per 1000 populasi pada 1991-1996 menjadi 0,043 per 1.000 populasi pada 1997-2007.

Dengan data di atas terlihat bahwa aplikasi ketenaganukliran di bidang medik telah menjadi bagian yang amat penting dan tidak dapat ditinggalkan dalam prosedur klinis medik. Mengingat adanya bahaya yang menyertai pemanfaatan ini, maka upaya penerapan konsep proteksi dan keselamatan radiasi di rumah sakit menjadi suatu hal yang wajib dilaksanakan dengan penuh disiplin oleh seluruh personil yang terlibat di dalam aplikasi ketenaganukliran di rumah sakit ini.

## DAFTAR BACAAN

1. IAEA, 2014. *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Interim Edition. General Safety Requirements Part 3. No. GSR Part 3. IAEA, Vienna.*
2. HANSSON, S.O., 2007. *Ethics and radiation protection. J.Radiol.Prot. 27 (147-156).*
3. ICRP, 2007. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).*
4. IAEA, 2006. *Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Using X Rays. Safety Reports Series No. 39. IAEA, Vienna.*
5. IAEA, 2010. *Comprehensive Clinical Audits of Diagnostic Radiology Practices: A Tool for Quality Improvement. Human Health Series No. 4. IAEA, Vienna.*
6. IAEA, 2012. *Radiation Protection in Paediatric Radiology. Safety Reports Series No. 71. IAEA, Vienna.*
7. IAEA, 2006. *Applying Radiation Safety Standards in Radiotherapy. Safety Reports Series No. 38. IAEA, Vienna.*
8. IAEA, 2007. *Comprehensive Audits of Radiotherapy Practices: A Tool for Quality Improvement. IAEA, Vienna.*
9. IAEA, 2006. *Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities. Safety Reports Series No. 47. IAEA, Vienna.*
10. IAEA, 2005. *Applying Radiation Safety Standards in Nuclear Medicine. Safety Reports Series No. 40. IAEA, Vienna.*
11. IAEA, 2006. *Quality Assurance for Radioactivity Measurement in Nuclear Medicine. Technical Reports Series No. 454. IAEA, Vienna.*

12. WHO, 1982. *Quality Assurance in Nuclear Medicine*. WHO, Geneva.
13. IAEA, 2009. *Release of Patients After Radionuclide Therapy*. *Safety Reports Series No. 63*. IAEA, Vienna.
14. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2010. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Vol. I. United Nations, New York.*
15. Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif.
16. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiodiagnostik dan Intervensional.
17. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 17 Tahun 2012 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Kedokteran Nuklir.
18. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Radio terapi.
19. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.

## RIWAYAT SINGKAT PENULIS

Eri Hiswara menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Fisika di Universitas Indonesia, Jakarta, pada tahun 1982. Pendidikan S2 ditempuh pada bidang studi Radiation and Environmental Protection di University of Surrey, Guildford, Inggris, dan lulus tahun 1990. Sejak menjadi pegawai Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) pada tahun 1983 hingga kini, ia mengabdikan dirinya menjadi peneliti hingga memperoleh jabatan sebagai Profesor Riset pada tahun 2008. Ia juga sempat menjadi Atase Ilmu Pengetahuan di KBRU PTRI Wina pada tahun 2003-2007. Selain aktif sebagai peneliti, saat ini ia juga menjadi pengajar luar biasa pada Program Pendidikan Dokter Spesialis Radiologi di FKUI untuk mata ajar Fisika dan Proteksi Radiasi. Eri Hiswara adalah anggota Himpunan Fisika Indonesia, Himpunan Fisika Medik dan Biofisika Indonesia, Asosiasi Proteksi Radiasi Indonesia, dan Health Physics Society yang berkedudukan di Amerika Serikat.





Aplikasi ketenaganukliran di berbagai bidang di Indonesia telah meningkat dengan pesat di Indonesia. Berdasar data yang ditampilkan dalam situs Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), pada awal April 2015 BAPETEN sebagai instansi yang diberi wewenang melakukan pengawasan terhadap pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia tercatat telah mengeluarkan sebanyak 12.189 izin pemanfaatan tenaga nuklir untuk 2.894 instansi di seluruh Indonesia. Dari seluruh izin dan instansi tersebut, sebanyak 6.196 izin, atau sekitar 50,8%, dan 2.061 instansi, atau sekitar 71,2%, merupakan izin dan instansi pemanfaatan di bidang medik. Data ini menggambarkan bahwa bidang medik merupakan bidang pemanfaatan tenaga nuklir yang terbesar di Indonesia.

Buku ini memberikan panduan praktis dalam melaksanakan upaya proteksi dan keselamatan radiasi di bidang medik, khususnya di rumah sakit. Dengan menerapkan panduan praktis ini diharapkan pemanfaatan radiasi di rumah sakit dapat berjalan dengan aman dan selamat. Panduan disusun dengan mengacu pada berbagai rekomendasi dan standar internasional, baik yang diberikan oleh Komisi Internasional untuk Proteksi Radiologik (ICRP) maupun, dan terutama, oleh Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA). Panduan diberikan untuk ketiga aplikasi radiasi di rumah sakit, yaitu radiodiagnostik, radio terapi dan kedokteran nuklir.

