

40/2002

ISSN : 1412 - 3258

PROSIDING

SEMINAR KESELAMATAN NUKLIR
JAKARTA, 2 - 3 MEI 2001



Tema :

***Meningkatkan Komitmen terhadap Keselamatan Nuklir :
" Belajar dari Pengalaman "***

BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR

Jl. MH. Thamrin No. 55 Jakarta 10350

Telpon : (021) 2301249 - 52 Faks : (021) 2301253

<http://www.bapeten.org>

KATA PENGANTAR

Seminar Keselamatan Nuklir telah diselenggarakan dengan baik pada tanggal 2 - 3 Mei 2001 di Hotel President Jakarta. Seminar ini merupakan penyelenggaraan pertama kali sejak Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) diamanatkan oleh Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. Adapun tema seminar ini adalah Meningkatkan Komitmen terhadap Keselamatan Nuklir: "Belajar dari Pengalaman"

Tujuan dari Seminar ini adalah memberikan pengertian yang lebih baik terhadap keselamatan dan keamanan nuklir/radiasi, identifikasi masalah keselamatan dan keamanan nuklir secara nasional baik dari sisi teknis maupun pengaturannya, menjalin hubungan yang lebih profesional antara pengawas, pemegang izin dan instalasi pemanfaat tenaga nuklir, menginformasikan kecelakaan-kecelakaan nuklir yang pernah terjadi dan upaya penanggulangan serta pencegahannya dimasa yang akan datang, serta menginformasikan peraturan baru.

Adapun ruang lingkup Seminar adalah:

- a) Pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir dan lingkungan hidup:
Pengawasan pada instalasi nuklir, Pengawasan pada fasilitas radiasi, Dampak pemanfaatan tenaga nuklir terhadap masyarakat dan lingkungan hidup;
- b) Keselamatan dan keamanan Instalasi Nuklir:
Safeguards, Proteksi Fisik, Modifikasi dan Upgrading reaktor, "Ageing" Komponen dan Sistem reaktor, Keselamatan operasi instalasi nuklir, Budaya keselamatan;
- c) Keselamatan dan keamanan Fasilitas Radiasi:
Keselamatan fasilitas radiasi, Proteksi radiasi, Proteksi fisik, kehilangan sumber radiasi dan zat radioaktif, Fisika kesehatan.

Jumlah makalah yang mendukung seminar ini adalah 23 buah disajikan dalam sesi pleno dengan ceramah umum oleh Kepala BAPETEN, Kepala BATAN, Ketua Jurusan Teknik Nuklir FT. UGM dan Departemen Kesehatan dan Kesejahteraan Sosial, dan makalah undangan yang dipresentasikan dari RS. Dr. Soetomo, PT. Krakatau Steel, Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (P3KRBiN) - BATAN, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir (P3TkN) - BATAN, Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset (P2TRR) - BATAN serta sisanya makalah dari para pemanfaat (user) yang menyajikan pengalaman yang dialami selama penggunaan zat radioaktif atau fasilitas nuklir.

Mudah-mudahan prosiding Seminar Keselamatan Nuklir yang pertama ini dapat dimanfaatkan.

Jakarta, Januari 2002

Editor



PROSIDING

SEMINAR KESELAMATAN NUKLIR JAKARTA, 2 - 3 MEI 2001

EDITOR

Ketua : Drs. Amil Mardha, M.Eng.

Anggota : 1. Dr. Khoirul Huda, M.Eng.
2. Drs. Reno Alamsyah, M.S.
3. Dra. Suyati

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Editor	iii
Daftar Isi	iv
Susunan Panitia	vi
Sambutan Menteri Negara Riset dan Teknologi RI	1
<i>Oleh : Dr. Muhammad A.S. Hikam</i>	
Ceramah Umum	
1. Mengapa Pemanfaatan Tenaga Nuklir Perlu Diawasi	5
<i>Oleh : Dr. Mohammad Ridwan, M.Sc, APU (Kepala BAPETEN)</i>	
2. Kebutuhan Untuk Operasi Instalasi Nuklir Yang Selamat dan Aman	22
<i>Oleh : Iyos R. Subki, M.Sc (Kepala BATAN)</i>	
3. Kebijakan Depkes RI dalam Pengelolaan Peralatan Radiasi dan Kedokteran Nuklir	31
<i>Oleh : Dr. Ronald Hutapea, SKM., Ph.D</i>	
4. Rekayasa Keselamatan (Safety Engineering) Antisipasi Bisnis Masa Depan	37
<i>Oleh : Ir. Yudiutomo Imarjoko, M.Sc, Ph.D (Ketua Jurusan Teknik Nuklir FT-UGM)</i>	
Makalah Undangan	
5. Evaluasi Sistem Keselamatan Radioterapi di RSUD. Dr. Sutomo	42
<i>Oleh : Ir. Bambang D.Seno (RSUD. Dr. Sutomo, Surabaya)</i>	
6. Pemanfaatan Zat Radioaktif dan Pengelolaannya di PT. Krakatau Steel	48
<i>Oleh : Ir. Andi Soko Setiabudi, M.Eng., MBA (PT. Krakatau Steel)</i>	
7. NORM dan Keselamatan Kerja di Indonesia	57
<i>Oleh : dr. Kunto Wiharto, Sp.KN, Syarbaini (P3KRBiN - BATAN)</i>	
8. Masalah Keselamatan dalam Upgrading Reaktor Triga 2000 Bandung	71
<i>Oleh : Dr. Aang Hanafiah WS, dkk (P2TKN - BATAN)</i>	
9. Evaluasi atas Kegagalan Target FPM	88
<i>Oleh : Dr. Hudi Hastowo (P2TRR - BATAN)</i>	

Makalah Penyaji

10. Aspek Etika Pada Prinsip Proteksi Radiasi	106
<i>Oleh : Drs. Eri Hiswara, M.Sc</i>	
11. Kompensasi bagi Pekerja Uji Radiografi	122
<i>Oleh : Ir. Andryansyah, MT</i>	
12. Proteksi Pasien Pada Pelayanan Radiologi Untuk Diagnostik	131
<i>Oleh : Drs. Azhar, M.Sc</i>	
13. Pengembangan Prinsip Dasar Pengaturan Proteksi Radiasi	138
<i>Oleh : Drs. Eri Hiswara, M.Sc</i>	
14. Evolusi Desain PLTN Jenis CANDU	148
<i>Oleh : Drs. Tjipta Suhaemi, M.Sc</i>	
15. In Service Inspection Reaktor ANSTO	168
<i>Oleh : Ir. Sri Nitiswati</i>	
16. Regulatori Keselamatan dan Proses Lisensi Nuklir Canada	185
<i>Oleh : Drs. Tjipta Suhaemi, M.Sc</i>	
17. Pengembangan Teori Ketidaksepadanan Aliran	206
<i>Oleh : Priyanto Joyosukarto, M.Eng</i>	
18. Analisis Penyumbatan Satu Kanal Pendingin Elemen Bakar di Teras RSG-GAS ...	231
<i>Oleh : Drs. Sudharmono</i>	
19. Analisa Radioisotop ⁹⁰ Sr di Limbah Cair Hasil Belah dan Pengelolaannya di Pusat Produksi Radioisotop	244
<i>Oleh : Ir. Tri Murni</i>	
20. Keterkaitan SPFBN dengan SPPBN di P2TBDU	258
<i>Oleh : Ir. Pudji Susanti, Ir. Hasbullah Nasution</i>	
21. Kecelakaan Radiasi Yang Terkait Dengan Peralatan Radioterapi	273
<i>Oleh : Drs. Togap Marpaung</i>	
22. Sumber Standar Radionuklida dan Peranannya untuk Keselamatan Radiasi dan Lingkungan	297
<i>Oleh : Ir. Pudjadi, Dra. Nazarah</i>	
23. Persyaratan Teknis PJM Nuklir untuk Standardisasi Radionuklida	309
<i>Oleh : Dra. Nazarah, Ir. Pudjadi</i>	
24. Rumusan Hasil Seminar Keselamatan Nuklir	325

PENGEMBANGAN PRINSIP DASAR UNTUK PENGATURAN PROTEKSI RADIASI

Eri Hiswara

Peneliti pada Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir (P3KRBiN)
BATAN - Pasar Jumat, Jakarta

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PRINSIP DASAR UNTUK PENGATURAN PROTEKSI RADIASI. Publikasi 60 dari Komisi Internasional untuk Proteksi Radiologik (ICRP) telah diterbitkan sepuluh tahun yang lalu. Namun sampai saat ini rekomendasi yang dikandungnya masih menjadi perdebatan karena dipandang terlalu rumit. Selain itu faktor risiko pajanan pada dosis rendah dan model respons linier nirambang yang digunakan juga banyak dipertanyakan. Untuk mengatasi masalah ini ICRP telah mengusulkan suatu konsep yang lebih sederhana dalam prinsip proteksi radiasi yang untuk sementara disebut sebagai 'dosis terkendali'. Konsep ini didasarkan pada filosofi individu yang berbeda dengan pendekatan terdahulu yang didasarkan pada filosofi sosial dengan konsep 'dosis kolektif'. ICRP menginginkan agar konsep ini dibahas secara luas oleh masyarakat proteksi radiasi, sehingga para ahli Indonesia juga diharapkan dapat ikut terlibat dalam memberikan pandangannya terhadap konsep yang akan berdampak luas pada pengaturan dalam proteksi radiasi ini.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF BASIC PRINCIPLES FOR REGULATIONS IN RADIATION PROTECTION. Publication 60 of the International Commission on Radiological Protection was published ten years ago. However, until now recommendations it contained are still debatable since they are considered to be too complicated. In addition, risks of exposure at low doses and the linear non-threshold model used have also been challenged. In order to overcome the problem, ICRP is now proposing a simpler concept in the radiation protection principles which is temporarily called 'controllable dose'. This concept is an individual-based philosophy that differ from the former approach of socially oriented using 'collective dose'. ICRP wishes the concept to be discussed among radiation protection community, so that Indonesian experts are also hoped be involved in giving their views on the concept that will give significant impacts to the regulations in radiation protection.

PENDAHULUAN

Publikasi 60 dari Komisi Internasional untuk Proteksi Radiologik (ICRP, *International Commission on Radiological Protection*)^[1] merupakan salah satu pencapaian dari sejarah panjang ICRP dalam memberikan rekomendasi mengenai proteksi radiologik sejak tahun 1928. Rekomendasi terakhir ini memberikan konsep 'sistem proteksi radiologik', yang berlaku baik untuk kegiatan yang disebut pemanfaatan maupun intervensi. Konsep ini berbeda dengan konsep 'sistem pembatasan dosis' yang diberikan sebelumnya pada publikasi 26^[2] yang dirancang hanya untuk operasi normal.

Pemanfaatan adalah setiap perbuatan yang meliputi penguasaan, penggunaan, penyebaran, pengangkutan dan lain-lain perbuatan yang bersangkutan dengan bahan radioaktif dan atau sumber radiasi lainnya, yang dapat meningkatkan pajanan radiasi terhadap seseorang atau sejumlah orang. Sedang intervensi adalah setiap tindakan yang dapat menurunkan pajanan radiasi terhadap seseorang atau sejumlah orang dengan mempengaruhi penyebab pajanan tersebut.

Untuk pemanfaatan, sistem proteksi radiologik didasarkan atas tiga prinsip utama, yaitu prinsip pembenaran, optimisasi, dan pembatasan dosis dan risiko. Sedang intervensi hanya mensyaratkan dipenuhinya prinsip pembenaran dan optimisasi. Prinsip pembatasan dosis dan risiko tidak berlaku untuk intervensi karena tujuan intervensi memang untuk mengurangi dosis atau risiko tersebut.

Nilai yang diberikan pada prinsip pembatasan dosis sering disalahartikan sebagai batas antara aman dan tak aman. Padahal, nilai batas dosis sebenarnya batas antara risiko yang dapat ditanggung dengan yang tidak dapat diterima^[3]. Untuk pekerja radiasi, suatu risiko dapat ditanggung jika memiliki probabilitas kematian 1 dalam 1000 per tahun, sementara risiko sebesar 1 dalam 100 per tahun dipandang tidak dapat diterima. Angka risiko sebesar 1 dalam 100 000 per tahun untuk masyarakat dipandang sebagai dapat ditanggung.

Dalam publikasi 60 ini diperkenalkan berbagai konsep baru dalam proteksi radiasi. Selain konsep pemanfaatan dan intervensi, konsep baru tersebut meliputi pula pembagian jenis pajanan atas pajanan kerja, pajanan medik dan pajanan masyarakat. Selain itu, nilai batas dosis dibedakan antara

yang berlaku untuk pekerja radiasi dengan untuk masyarakat. Demikian pula diberikan konsep dosis kolektif, dosis terikat dan kendala dosis.

Baik untuk pemanfaatan maupun intervensi, rekomendasi yang diberikan ICRP didasarkan pada pengendalian risiko maksimum terhadap individu. Untuk operasi normal, rekomendasi didasarkan pada risiko individu yang berada pada rentang antara 'tak terterima' (di atas 10^{-3} per tahun) dan 'trivial' (di bawah 10^{-6} per tahun).

Banyak kalangan yang memandang berbagai konsep yang diberikan publikasi 60 seperti yang disebutkan di atas terlalu rumit. Tidak hanya masyarakat awam yang kesulitan memahaminya, para ahli proteksi radiasi juga membutuhkan waktu yang tidak sedikit untuk dapat menerapkannya. Demikian pula akhir-akhir ini faktor risiko pajanan pada dosis rendah, termasuk penggunaan model risiko linier nirambang, telah banyak dipertanyakan.

Untuk mengatasi masalah yang timbul ini ICRP telah mengusulkan suatu konsep yang lebih sederhana dalam prinsip proteksi radiasi. Konsep ini untuk sementara disebut sebagai 'dosis terkendali'^[4], karena ada kemungkinan pada rancangan rekomendasi yang akan dibuat ICRP konsep ini akan diberi nama lain^[5].

MASALAH DENGAN MODEL LINIER NIRAMBANG

Model linier nirambang berlaku untuk efek stokastik radiasi, dan menyatakan bahwa suatu risiko harus diterima pada setiap tingkat pajanan. Dengan kata lain risiko berbanding linier dengan pajanan yang diterima dan tanpa ambang, atau nirambang.

Berdasar data dari pasien yang menerima dosis tinggi di masa lalu, para dokter dan korban bom atom di Hiroshima dan Nagasaki di Jepang, hubungan efek dengan pajanan telah dengan jelas menunjukkan adanya korelasi linier nirambang. Namun untuk pajanan dosis rendah yang dijumpai dalam aplikasi radiasi sehari-hari, belum ada laporan yang konklusif mengenai hubungan efek dengan pajanan. Data korban bom atom di Jepang juga hanya mampu mengidentifikasi kanker berlebih hingga dosis radiasi LET rendah sekitar 50 - 100 mGy^[6]. Di bawah harga dosis ini, kemampuan statistik berkurang dengan cepat dan perkiraan langsung risiko kanker pada populasi segala usia menjadi sulit dan kemudian menjadi tak mungkin.

Pada saat ini isu yang sering mengemuka di berbagai negara berkaitan dengan hipotesis linier nirambang juga berkaitan dengan tanah terkontaminasi. Isu ini muncul sebagai akibat terjadinya kecelakaan, seperti di Chernobyl, dan dari kegiatan lain manusia seperti pengujian senjata nuklir dan dekomisioning fasilitas nuklir, reaktor tua dan fasilitas fabrikasi senjata nuklir. Banyak ahli, seperti Prof. Becker ^[7], yang mengeluhkan begitu banyak dana sedang dan akan dikeluarkan hanya untuk mencapai tingkat kontaminasi residu yang sangat kecil, seperti 0,01 mSv per tahun. Jika upaya pembersihan tidak dilakukan akan ada tekanan dari masyarakat, dan tuntutan ke pengadilan menjadi suatu hal yang tak dapat dihindari. Karena itu ada beberapa individu yang mengusulkan suatu nilai ambang dalam hubungan dosis-respons untuk mengurangi biaya yang harus dikeluarkan.

KRITERIA SAAT INI

Pada saat ini resiko kanker fatal merupakan kriteria yang diberikan untuk mengendalikan pajanan radiasi. Dosis tertinggi yang dapat ditanggung sebelum pengendalian yang ketat diberlakukan berada dalam rentang beberapa puluh milisievert. Hal ini meliputi antara lain:

- relokasi permanen menyusul kecelakaan untuk menghindari penerimaan dosis seumur hidup sebesar 1 Sv, yaitu beberapa puluh mSv dalam satu tahun
- nilai batas dosis pekerja sebesar 20 mSv per tahun
- tingkat tindakan atas untuk radon di pemukiman (10 mSv per tahun)
- Pemindai CT (sekitar 30-50 mSv)
- harga intervensi untuk evakuasi sementara menyusul kecelakaan (50 mSv).

Risiko individu untuk beberapa mSv berada pada orde 1 dalam 1000, atau 10^{-3} . Pada tingkat risiko ini dosis belum terlalu 'tak terterima', dan masih dapat dihindari dengan melakukan suatu tindakan.

Pada tingkat dosis beberapa milisievert, pajanan tidak terlalu membahayakan kesehatan manusia. Tingkat dosis ini dijumpai pada radiasi latar rata-rata (2-3 mSv per tahun), tingkat tindakan bawah untuk intervensi radon (3 mSv), tingkat intervensi untuk berindung (5 mSv), dan pemeriksaan sinar X diagnostik (beberapa mSv). Risiko kanker fatal untuk tingkat dosis ini sekitar 10^{-4} .

Dosis yang kurang dari tingkat milisievert masih cukup relevan untuk dikendalikan. Rentang dosis ini masih berada dalam variasi radiasi latar, dan ICRP telah menetapkan nilai 0,3 mSv sebagai kendala dosis. Risiko kanker fatal untuk tingkat dosis ini sekitar 10^{-5} .

Tingkat risiko 10^{-6} dianggap sebagai sangat kecil (trivial), dan laju dosis sebesar $10 \mu\text{Sv}$ telah digunakan oleh IAEA sebagai kriteria pengecualian untuk pemanfaatan atau sumber yang perlu diatur ^[8]. Gambar 1 memperlihatkan nilai risiko kanker fatal dan kaitannya dengan tingkat dosis dan kriteria proteksi radiasi yang berlaku saat ini seperti diuraikan di atas.

Risiko fatal	Dosis mSv	Kriteria saat ini
10^{-3}	30	<ul style="list-style-type: none"> - Batas dosis kerja - Tingkat tindakan atas untuk radon - Tingkat intervensi relokasi - Pemindai CT
10^{-4}	3	<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat intervensi lebih rendah untuk berlinggung, KI - Tingkat tindakan lebih rendah untuk radon - Radiasi latar rata-rata - Tingkat diagnostik
10^{-5}	0,3	<ul style="list-style-type: none"> - Kendala maksimum dari sumber tunggal - Variasi radiasi latar - Tidak termasuk radon
10^{-6}	0,03	<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat pengecualian - Tingkat pembebasan

Gambar 1. Kaitan risiko fatal, tingkat dosis dan kriteria proteksi radiasi yang berlaku saat ini.

DOSIS TERKENDALI

Di masa lalu ICRP menekankan kriteria sosial, dengan menggunakan dosis kolektif yang dijumlahkan untuk seluruh populasi dan waktu tak terbatas, terutama dengan metode analisis biaya-manfaat, untuk menentukan biaya optimum untuk mengendalikan sumber radiasi. Konsep dosis terkendali yang sedang dikembangkan lebih berdasar individual, yang sebenarnya telah dimulai

diperkenalkan dengan digunakannya konsep kendala dosis pada prinsip optimisasi dan rekomendasi ICRP untuk melakukan disagregasi untuk dosis kolektif^[9].

Dalam melindungi individu dari efek radiasi pengion yang berbahaya, hal yang penting adalah pengendalian dosis radiasi itu sendiri, apa pun sumbernya. Karena itu, sebagai awal, dosis terkendali dapat didefinisikan sebagai dosis atau jumlah dosis terhadap suatu individu dari suatu sumber tertentu yang dapat dikendalikan dengan segala cara.

Dosis ini dapat diterima di tempat kerja, pada aplikasi medik dan di lingkungan dari penggunaan sumber buatan, atau dari radiasi alamiah yang tinggi. Istilah dosis terkendali meliputi dosis yang sedang diterima, misalnya dari radon, dan dosis yang akan diterima di kemudian hari, misalnya dari introduksi sumber baru atau menyusul terjadinya kecelakaan. Istilah tidak berlaku untuk pajanan yang tidak dapat dikendalikan, misalnya radiasi kosmik pada permukaan tanah, namun berlaku untuk pajanan alam pada dataran tinggi.

Filosofi proteksi untuk dosis terkendali didasarkan pada individu. Jika individu telah cukup terlindungi dari suatu sumber tunggal, maka hal itu sudah cukup memenuhi kriteria pengendalian sumber. Dengan kata lain, jika risiko bahaya terhadap kesehatan individu yang paling mungkin terpajan dapat diterima, maka risiko total juga dapat diterima - berapa pun orang yang terpajan.

Berarti tidaknya suatu tingkat dosis bergantung pada besarnya, manfaatnya bagi individu dan mudahnya mengurangi atau mencegah terjadinya dosis tersebut. Namun ada suatu tingkat dosis dimana perlu dilakukan pengendalian untuk mencegah terjadinya efek deterministik pada situasi kecelakaan.

Untuk itu maka saat ini telah diusulkan suatu skala dosis individual seperti yang diberikan pada Tabel 1^[10]. Skala dosis ini sebenarnya mirip dengan tingkat dosis untuk kriteria proteksi radiasi saat ini. Pada umumnya harga maksimum yang dijumpai berada pada rentang beberapa puluh milisievert per tahun. Dosis di atas tingkat ini hanya terjadi pada situasi kecelakaan atau saat melakukan tindakan penyelamatan jiwa. Tingkat dosis ini tidak disebut sebagai nilai batas, karena istilah ini sering disalahartikan, namun lebih tepat disebut sebagai tingkat tindakan, karena jika dijumpai dosis melebihi tingkat ini perlu dilakukan suatu tindakan. Dosis total merupakan hal yang menjadi perhatian utama di atas tingkat tindakan, meski salah satu komponennya bisa lebih dominan, seperti pajanan

kerja. Jika ini terjadi, maka pajanan kerjalah yang menjadi komponen yang perlu dikendalikan. Namun untuk radiasi latar yang tinggi, dosis total yang harus dikendalikan.

Tabel 1. Skala dosis individual.

Tingkat	Dosis efektif (mSv)
Serius	30 - 300
Tinggi	3 - 30
Moderat	0,3 - 3
Rendah	0,03 - 0,3
Trivial	< 0,03

Manajemen dosis individu di bawah tingkat tindakan dilakukan dengan penerapan tingkat penyelidikan spesifik sumber. Hal ini berlaku untuk beberapa tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pajanan di sumbernya, di lingkungan atau dengan memindahkan penduduk. Tindakan ini dilakukan untuk, misalnya, pajanan kerja, dosis dari prosedur medik sederhana, pajanan radon di pemukiman, radiasi latar yang tinggi atau setelah terjadinya kecelakaan. Perbedaan antara pemanfaatan dan intervensi dengan demikian tidak diperlukan lagi. Penyelidikan untuk mengetahui apakah ada satu sumber yang dominan dan apakah perlu dilakukan suatu tindakan untuk menguranginya dilakukan jika tingkat penyelidikan dari dosis total beberapa mSv per tahun dilampaui.

Dengan sistem ini maka pajanan di bawah satu milisievert merupakan harga maksimum yang diizinkan bagi anggota masyarakat dari suatu sumber tunggal, berapa pun jumlahnya - efluen dari rumah sakit, dari PLTN, sinar-X diagnostik, dan lain-lain. Sumber-sumber ini harus diperlakukan terpisah mengingat peluang suatu individu terpajan dari seluruh sumber sangat kecil dan pajanan dari beberapa sumber tidak akan melebihi fraksi milisievert. Istilah kendala dapat tetap dipertahankan dan prinsip optimisasi diterapkan untuk setiap sumber.

Pada tingkat terendah, dosis beberapa mikrosievert dapat dipandang sangat rendah sehingga dapat dikecualikan dari pengaturan. Di bawah tingkat ini tidak diperlukan pengendalian apa pun. Sistem pengendalian berdasar pembahasan di atas diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Usulan sistem pengendalian untuk pengendalian dosis individu.

Jenis tingkat	Besaran	Dosis efektif (mSv)
Tingkat tindakan	Dosis yang ada	~ 30
Tingkat penyelidikan	Dosis yang ada	~ 3
Kendala pada sumber tunggal	Dosis tambahan	< 0,3
Tingkat pengecualian	Dosis tambahan	< 0,03

IMPLIKASI

Uraian di atas menekankan bahwa individu merupakan hal terpenting dalam sistem proteksi, yang dilaksanakan dengan membatasi sumber yang dikendalikan. Prinsip membenaran dan optimisasi selanjutnya perlu dipertimbangkan kembali. Karena proteksi radiasi sebenarnya tidak berperan penting dalam keputusan untuk membenarkan introduksi atau diteruskannya penggunaan radiasi, maka prinsip membenaran dapat dipertimbangkan untuk dibuang dari sistem proteksi.

Definisi prinsip optimisasi perlu dikaji kembali dan pedoman aplikasinya juga perlu disusun. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengganti istilah 'serendah mungkin yang dapat dicapai (ALARA, *as low as reasonably achievable*)', yang telah terlanjur diasosiasikan dengan prosedur analisis biaya-manfaat dan dosis kolektif, dengan deskriptor lain yang menonjolkan kriteria dosis individunya.

Prinsip proteksi radiasi yang diusulkan dengan demikian adalah:

- a. pengendalian dosis terhadap kelompok kritik anggota masyarakat
- b. menjamin bahwa dosis yang terjadi 'serendah mungkin secara praktis (ALARP, *as low as reasonably practicable*)'.

Kedua prinsip ini dapat disebut sebagai 'kendali' dan 'ALARP'. Prinsip ini juga menyederhanakan sistem proteksi dengan tidak diperlukannya lagi perbedaan antara pemanfaatan dan intervensi. Nilai batas dosis untuk masyarakat sebesar 1 mSv per tahun juga tidak dibutuhkan lagi. Demikian pula pajanan kerja, medik dan masyarakat tidak perlu dibedakan lagi. Pedoman yang sama berlaku bagi proteksi untuk semua kategori.

Sistem proteksi berdasar skala dosis yang dikembangkan ini konsisten dengan sistem saat ini yang didasarkan pada risiko terterima. Namun yang penting adalah lebih mudah dipahami karena hanya merupakan perkalian antara

pembagian radiasi latar. Dengan sistem proteksi ini maka tindakan perlu diambil jika pajanan lebih dari sekitar sepuluh kali radiasi latar, apakah itu di tempat kerja pada pemanfaatan atau intervensi untuk masyarakat. Sedang pengendalian sumber dilakukan jika pajanan sekitar sepersepuluh radiasi latar, dan pengecualian diambil jika pajanannya seperseratus radiasi latar.

KESIMPULAN

Konsep dosis terkendali telah diperkenalkan untuk menggantikan konsep sistem proteksi radiologik yang ada saat ini. Konsep ini lebih merupakan penyempurnaan terhadap konsep yang ada, dan bukan perubahan yang mendasar. Hal ini tampak dari masih adanya 'benang merah' dengan konsep yang ada, yaitu dari segi besar dosis yang digunakan. Namun konsep yang baru ini lebih dapat diterima karena menghilangkan konsep risiko yang sulit dipahami dan sangat problematik.

PUSTAKA

1. ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Pergamon Press, Oxford (1991).
2. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26. Pergamon Press, Oxford (1977).
3. CLARKE, R.H. "Managing radiation risk", dalam: Radiation and Society: Comprehending Radiation Risk. Vol. 3 IAEA, Vienna (1997) 89-96
4. CLARKE, R. Control of low level radiation exposure: time for a change? *J. Radiol. Prot.* Vol. 19 No. 2 (1999) 107-115.
5. The 'controllable dose' debate: results of the IRPA consultation exercise. *J. Radiol. Prot.* Vol. 20 No. 3 (2000) 328-331.
6. PIERCE, D.A., et.al. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, part I, cancer 1950-1990. *Radiat.Res.* 146 (1996) 1-27.
7. BECKER, K. On the low dose problem in radiation protection. *SSI News*, Vol.5, No.1, May 1997, 7.

8. IAEA. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No.115. IAEA, Vienna (1996).
9. ICRP. Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Wastes. ICRP Publication 77. Pergamon Press, Oxford (1998).
10. CLARKE, R. Progress towards new recommendations from the International Commission on Radiological Protection. Paper L-3-1, presented at the 10th International Congress of the IRPA, Hiroshima, Tokyo, 14-19 Mei 2000.