

PENENTUAN ZONA TINDAKAN DALAM PROSES PENANGANAN KEDARURATAN NUKLIR/RADIOLOGI

Ade Awalludin

*Direktorat Keteknikan dan Kesiapsiagaan Nuklir
Badan Pengawas Tenaga Nuklir
Jalan Gajah Mada No 8 Jakarta*

ABSTRAK

Telah dilakukan kajian penentuan zona tindakan dalam proses penanganan kedaruratan nuklir/radiologi. Kajian ini mempertimbangkan tingkat bahaya radiologi dalam proses penanganan kedaruratan nuklir/radiologi yang terjadi di luar instalasi nuklir. Penanganan kedaruratan nuklir sama dengan penanganan kedaruratan lainnya dengan menambahkan prinsip proteksi radiasi. Kajian ini bertujuan untuk memberikan panduan dalam pembuatan perimeter keselamatan dan keamanan luar instalasi nuklir bagi perespons awal saat terjadi kedaruratan nuklir/radiologi berdasarkan laju dosis, tingkat kontaminasi atau jarak dari pusat kejadian. Pembagian daerah kerja ini penting untuk keselamatan perespons awal dalam bekerja di lingkungan radiasi saat terjadi kedaruratan nuklir atau radiasi tanpa menyalahi prosedur yang telah berlaku di masing-masing instansi perespons awal. Batasan nilai perimeter keselamatan dan keamanan telah dibuat sesuai kondisi Indonesia untuk mampu terap di lapangan.

Kata kunci: kedaruratan nuklir/radiologi, perimeter keselamatan, perimeter keamanan, laju dosis, tingkat kontaminasi, jarak, perespons awal

ABSTRACT

Assessment has been conducted on determination of action zone in nuclear or radiological emergency. The assessment is taken into account radiological risk level in nuclear or radiological emergency management process outside nuclear installation. Managing of nuclear emergency is same as that one of other emergency by adding the principles of radiation protection. This study aims to provide guidance in making of safety and security perimeter outside the nuclear installation for first responders during nuclear/radiological emergency based on dose rate, contamination level or distance from the scene. Separation of working zone is important for first responder safety that works in radiological environment in the event of nuclear or radiation emergency without violating their standard operating procedure. Value limit of safety and security perimeter has been made according to the conditions in Indonesia and considering the applicability in practical.

Keywords: nuclear/radiological emergency, safety perimeter, security perimeter, dose rate, contamination level, distance, first responders

PENDAHULUAN

Kedaruratan nuklir atau radiologi berpotensi dapat terjadi kapanpun dan dimanapun akibat kecelakaan kerja maupun tindakan sabotase. Saat terjadi kedaruratan nuklir atau radiologi di luar instalasi nuklir ataupun keluar dari instalasi nuklir, penting untuk mengelola

insiden tersebut salah satunya dengan membagi daerah kerja.

Perespons awal di Indonesia yang terdiri atas polisi, tim medis, dan pemadam kebakaran dalam menanggapi terjadinya kedaruratan secara umum akan menerapkan perimeter keamanan atau garis batas polisi untuk mengisolasi tempat

kejadian. Perimeter keamanan dibuat berdasarkan beberapa pertimbangan, diantaranya dengan mengamati keadaan sekitar misalnya bangunan untuk menarik garis polisi.

Perimeter keamanan yang dibuat umumnya tidak memperhitungkan potensi bahaya radiasi. Dalam hal terjadinya kedaruratan radiologi atau nuklir, pembuatan perimeter yang tidak memperhatikan paparan radiasi berpotensi membahayakan perespons awal itu sendiri. Hingga saat ini belum ada panduan dalam menentukan penentuan perimeter jika terjadi kedaruratan nuklir yang terjadi di luar instalasi nuklir atau fasilitas zat radioaktif.

Dalam kecelakan PLTN di Chernobyl tahun 1986, dilaporkan bahwa terdapat korban seketika sebanyak 31 orang [1] yang sebagian besar merupakan perespons awal yang bertugas memadamkan kebakaran reaktor nuklir tersebut.

Pembagian daerah kerja dengan pemisahan perimeter keamanan dan keselamatan bertujuan untuk mencegah kontaminasi silang, memperkecil penyebaran kontaminan dan meminimalkan dampak bagi masyarakat, pekerja dan lingkungan.

Saat terjadi insiden, perespons awal bertanggung jawab dalam menentukan perimeter keselamatan, perimeter keamanan, dan zona tindakan lainnya yang mencakup penyelamatan korban, evakuasi, dan dekontaminasi.

Pembuatan zona tindakan, perimeter keselamatan dan keamanan berbeda untuk setiap jenis penyebab kedaruratan nuklir dan berdasarkan atas pertimbangan jarak, ukuran laju dosis atau tingkat kontaminasi serta arah angin.

Ketersediaan alat ukur radiasi yang digunakan perespons awal dalam menanggapi kedaruratan nuklir sangat kecil sehingga panduan yang efektif bagi perespons awal dalam menentukan batasan perimeter ialah berdasarkan pertimbangan jarak.

METODE KAJIAN

Kajian ini bertujuan membuat panduan perimeter keselamatan luar instalasi nuklir bagi perespons awal saat terjadi kedaruratan nuklir. Panduan dibuat berdasarkan pertimbangan:

1. laju dosis yang terukur
2. tingkat kontaminasi yang terukur
3. jarak dari pusat kejadian.

Metode kajian dibuat dengan membandingkan beberapa pedoman mengenai batasan penentuan perimeter keselamatan dan keamanan yang telah dibuat oleh IAEA atau sudah diterapkan oleh perespons awal di beberapa negara.

Selanjutnya diuraikan mengenai keuntungan dan kerugian jika pedoman tersebut diterapkan dan bagaimana penerapannya oleh perespons awal di Indonesia.

TINJUAN LITERATUR

Kedaruratan nuklir atau radiasi yang berpotensi terjadi [2] yang perlu ditangani oleh perespons awal ialah:

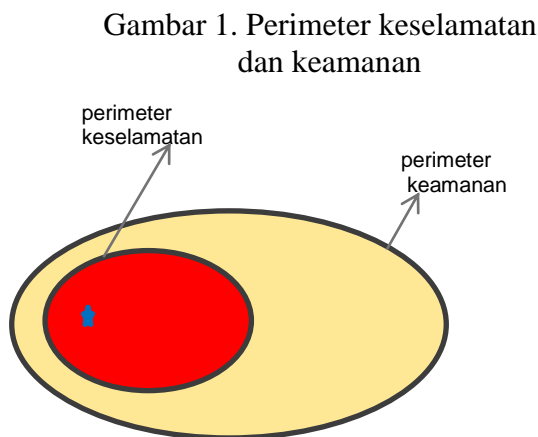
1. Jatuhnya satelit bertenaga nuklir
2. Lepasannya sumber radioaktif melewati batas Negara
3. Terjadinya bom kotor atau *radiological dispersal device/RDD*
4. Kecelakaan transportasi pengangkutan bahan nuklir atau sumber radioaktif
5. Penemuan sumber hilang atau tak berizin
6. Kebakaran melibatkan sumber radioaktif.
7. Kecelakaan nuklir di instalasi nuklir yang berdampak ke luar kawasan.

Selain jenis kecelakaan pada Nomor 7 diatas, perespons awal perlu menetapkan pembagian daerah kerja berdasarkan perimeter keselamatan dan keamanan. Setiap jenis kecelakaan akan berbeda penanganannya dalam hal pembuatan perimeter keselamatan. Pembuatan perimeter keselamatan akan ditentukan berdasarkan zona tingkat bahaya yang terukur baik laju dosis ataupun tingkat

kontaminasi serta dengan pertimbangan jarak dari pusat kejadian.

A. Pembagian Daerah Kerja Menurut IAEA

Dalam hal kedaruratan nuklir, IAEA merekomendasikan pembagian zona tindakan berdasarkan perimeter keselamatan dan keamanan sebagaimana dalam ilustrasi Gambar 1. Kedua perimeter ini dibuat oleh perespons awal berdasarkan kajian dengan mempertimbangkan faktor arah angin, laju dosis atau tingkat kontaminasi, serta faktor jarak dari pusat bahaya.



Tabel 1 berikut menjelaskan ukuran dalam pembuatan perimeter keselamatan dengan beragam jenis situasi kedaruratan nuklir yang akan dihadapi perespons awal dalam tugas di lapangan.

Secara umum, batasan untuk pembuatan perimeter keselamatan ialah batasan laju dosis $100 \mu\text{Sv/jam}$ atau dengan tingkat kontaminasi gamma/beta sebesar 1.000 Bq/cm^2 atau kontaminasi alfa 100 Bq/cm^2 tergantung pada ukuran mana yang tercapai terlebih dahulu saat pengukuran di lapangan.

Dalam Tabel 1 di bawah juga dibahas beberapa jenis insiden yang berpotensi mengarah ke kedaruratan nuklir

dengan luasan perimeter keselamatan yang berbeda.

B. Pembagian Daerah Kerja Menurut Panduan Perespons Awal di Canada

Dalam pedoman ini, daerah kerja pada medan radiasi terbagi menjadi dua jenis untuk penentuan perimeter keselamatan, yaitu pada keadaan rutin dan pada keadaan kedaruratan [4]. Dalam keadaan darurat perimeter keselamatan didasarkan atas laju dosis hingga $100 \mu\text{Sv/jam}$.

Dalam keadaan kegiatan rutin, jika terjadi peningkatan paparan radiasi, perimeter keselamatan ditetapkan berdasarkan:

1. Laju dosis yang melebihi 5-10 kali laju dosis latar dengan tingkat kontaminasi 500 cpm dengan luasan detektor 15 cm^2 atau
2. Laju dosis gama terbaca 5-10 $\mu\text{Sv/jam}$.

Pada pedoman ini juga membahas penempatan tempat dekontaminasi yang tidak dibahas pada pedoman yang dikeluarkan oleh IAEA. Daerah dekontaminasi ditempatkan di batas garis perimeter keamanan. Perimeter keamanan ditetapkan sejauh 5-10 meter dari titik hasil pengukuran dua kali laju dosis latar. Daerah terkontaminasi didasarkan atas bacaan laju dosis sebanyak dua kali dari laju dosis latar.

C. Pembagian Daerah Kerja Menurut Panduan Perespons Awal di Amerika Serikat

Dalam insiden yang melibatkan sumber radioaktif atau bahan nuklir misalnya terjadinya ledakan bom terkait RDD, perespons awal bekerja sesuai panduan. Panduan dibuat berdasarkan tingkatan bahaya radiasi yang terjadi seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Batasan jarak, laju dosis atau tingkat kontaminasi untuk pembuatan perimeter keselamatan pada beragam situasi kedaruratan

No.	Situasi	Perimeter keselamatan	
		Jarak [3]	Laju dosis/ Kontaminasi [2]
1	Bungkusan utuh dengan label I-PUTIH, II KUNING, III KUNING	Sekitar bungkusan	
2	Bungkusan Rusak dengan label I-PUTIH, II KUNING, III KUNING	Radius 30 meter	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ atau ○ 1.000 Bq/cm^2 gamma/beta atau ○ 100 Bq/cm^2 alfa
3	Sumber untuk kepentingan konsumen seperti detektor asap	Tidak ada	
4	Sumber tak berperisai atau berpotensi rusak	Radius 30 meter	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ atau ○ 1.000 Bq/cm^2 gamma/beta atau ○ 100 Bq/cm^2 alfa
5	Tumpahan besar mengandung sumber	Radius 100 meter	
6	Kebakaran, ledakan atau asap yang melibatkan sumber	Radius 300 meter	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ atau ○ 1.000 Bq/cm^2 gamma/beta atau ○ 100 Bq/cm^2 alfa
7	Dugaan bom RDD meledak ataupun tidak	Radius 400 meter atau lebih	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ atau ○ 1.000 Bq/cm^2 gamma/beta atau ○ 100 Bq/cm^2 alfa
8	Ledakan konvensional (non nuklir) atau kebakaran melibatkan senjata nuklir (tidak ada nuclear yield)	Radius 1.000 m	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ atau ○ 1.000 Bq/cm^2 gamma/beta atau ○ 100 Bq/cm^2 alfa
9	Sumber rusak, hilang perisainya atau tumpahan dalam gedung	Area berdekatan dan terkena dampak (termasuk lantai atas dan di bawahnya)	
10	Kebakaran atau kejadian lain melibatkan sumber yang dapat menyebarkan sumber melalui bangunan (misalnya melalui sistem ventilasi)	Seluruh gedung dan jarak terluar seperti panduan di atas	

Pembuatan daerah kerja bagi perspons awal terbagi menjadi 4 daerah dengan tingkat radisi yang berbeda, yaitu:

1. radiasi sangat tinggi
2. radiasi tinggi
3. radiasi sedang
4. radiasi rendah

Tabel 2. Batas antar zona berdasarkan laju papar [5]

Batas Antar Zona	Laju papar radiasi (mR/hr)
radiasi sangat tinggi dan tinggi	10.000
radiasi tinggi dan sedang	1.000
radiasi sedang dan rendah	100
radiasi rendah	<10

Dalam situasi darurat dengan tidak adanya alat ukur radiasi yang tersedia, perespons awal dalam melakukan tindakan evakuasi korban dipandu dengan menggunakan panduan jarak. Jarak evakuasi yang direkomendasikan dalam insiden ini sejauh 500 meter dari pusat kejadian.

Pusat pos komando di lapangan dibuat pada daerah dengan laju dosis yang terukur sama dengan laju dosis latar. Pos komando dibuat dengan letak yang menjauh dari angin yang membawa *plume* dari sumber ledakan. Jika tidak memungkinkan membuat pos komando pada laju dosis latar, pos komando dapat dibuat pada laju dosis yang kurang dari 2 mR/jam dengan tingkat kontaminasi kurang dari 1.000 cpm diukur dari 1-2 inchi dari permukaan tanah. Pada kondisi tersebut pos komando dibuat dengan pengawasan dari pengkaji radiologi [5].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembagian daerah kerja menurut IAEA

Pembagian daerah kerja di medan radiasi akibat kedaruratan nuklir yang

dipandu dalam pedoman yang dikeluarkan oleh IAEA lebih praktis diterapkan di Indonesia untuk perespons awal. Hal ini mudah dilakukan karena pembagian daerah kerja tersebut berdasarkan perimeter keselamatan dan keamanan.

Garis batas polisi atau perimeter keamanan dibuat di luar perimeter keselamatan dengan jarak yang disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan. Pertimbangan pembuatan perimeter keamanan dilakukan dengan melihat keefektifan jarak respon antara perimeter keamanan dan keselamatan.

Jarak perimeter keamanan yang jauh dari pusat kejadian akan menyebabkan waktu tempuh dan waktu kerja yang lebih lama tetapi kemungkinan terkena paparan radiasi akan sangat kecil bagi petugas yang bekerja di batas perimeter keamanan.

Selama bekerja di lingkungan radiasi, luasan perimeter yang kecil dapat menyebabkan waktu tempuh untuk masuk ke daerah radiasi akan kecil pula, tetapi mungkin tidak cukup tempat bagi pembuatan daerah dekontaminasi, triage, maupun tempat tim medis. Kemungkinan terkena paparan radiasi bagi petugas yang bekerja di batas perimeter keamanan akan lebih tinggi.

Panduan ini juga memberikan rekomendasi batasan jarak yang diperlukan dalam menentukan garis batas perimeter keselamatan sesuai dengan jenis kedaruratan nuklir yang teramati jika tidak tersedia alat ukur radiasi.

Setelah dilakukan pengukuran tingkat radiasi lingkungan oleh tim yang memiliki alat ukur radiasi, batas perimeter keselamatan dikaji ulang dan ditentukan berdasarkan hasil pengukuran di lapangan.

B. Pembagian Daerah Kerja Menurut Panduan Perespons Awal di Canada

Panduan kedaruratan akibat kedaruratan nuklir bagi perespons awal khususnya tim yang menangani bahan

berbahaya (*hazardous material team*) yang dikeluarkan oleh Pemerintah Canada akan bermanfaat bagi komandan insiden di lapangan dalam menetapkan posisi tempat dekontaminasi, pos komando lapangan, dan penentuan garis batas perimeter keamanan berdasarkan laju dosis yang terukur.

Perimeter keamanan ditentukan setelah ditemukannya laju cacah lingkungan yang melebihi dua kali laju cacah latar. Garis batas perimeter keselamatan dibuat pada jarak 5-10 meter setelah ditemukan dua kali laju cacah latar tersebut.

Dengan diberikan panduan ini maka seberapa efektif luasan perimeter keamanan atau seberapa jauh batas perimeter keamanan dari garis perimeter keselamatan dapat ditentukan dengan pasti. Dengan batasan ini, pekerja kedaruratan dapat bekerja secara efektif dengan selamat di lingkungan radiasi.

C. Pembagian Daerah Kerja Menurut Panduan Perespons Awal di Amerika Serikat

Panduan yang dikeluarkan untuk perespons awal yang bekerja di lingkungan radiasi di Amerika Serikat ini menggunakan bukan satuan standard internasional (bukan satuan SI). Di Indonesia umumnya menggunakan satuan SI untuk pengukuran laju dosis atau tingkat kontaminasi radioaktif. Jika pedoman ini diterapkan di Indonesia, maka akan mengalami kesulitan karena harus disetarakan satuannya terlebih dahulu.

Perespons awal yang tidak memiliki pengetahuan yang cukup mengenai radiasi pengion akan mengalami kesulitan jika menggunakan pedoman ini. Untuk kepentingan respons cepat penyetaraan satuan dapat menggunakan perbandingan berikut ini:

$$1 \text{ Sievert} = 100 \text{ rem} \sim 100 \text{ rad} \sim 100 \text{ R}$$

Panduan perespons awal yang berlaku di Amerika Serikat dalam merespon kedaruratan nuklir di luar fasilitas khususnya bom kotor dilakukan

dengan membagi zona panas kedalam beberapa sub zona dengan tingkat bahaya radiasi yang tinggi. Zona panas yang dimaksud diartikan sebagai perimeter keselamatan.

Pembagian menjadi beberapa sub zona akan bermanfaat bagi pengkaji radiologi dalam memberikan rekomendasi kepada komandan insiden. Pembagian sub zona panas dengan tingkat radiasi tinggi memberikan kemudahan bagi pengkaji radiologi membagi waktu kerja bagi perespons sesuai daerah yang akan memasuki sebagaimana tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Panduan lama bekerja di lingkungan radiasi

Zona Radiasi	Laju Papar (mR/jam)	Batas bekerja
Latar	Latar	Tak dibatasi
radiasi rendah	<10-100	Lebih dari 12 jam
radiasi sedang	100-1.000	5-12* jam
radiasi tinggi	1.000-10.000	5-30 menit
radiasi sangat tinggi	>10.000	Menit hingga beberapa jam

*Untuk kegiatan penyelamatan jiwa

Panduan waktu bekerja di atas berdasarkan hasil perhitungan hubungan lama waktu bekerja pada lingkungan radiasi dan nilai batas dosis (NBD) yang diizinkan bagi pekerja radiasi sebesar 5.000 mRem atau 50 mSv. Jika pedoman ini akan diterapkan di Indonesia, maka perlu kaji ulang lamanya waktu bekerja bagi perespons awal di beragam tingkatan lingkungan radiasi dengan memberlakukan pembatasan dosis (*dose constraint*) yang nilainya lebih rendah dari NBD. Di Indonesia NBD yang berlaku untuk pekerja radiasi sebesar 20 mSv per tahun dalam rerata selama lima tahun berturut-turut atau 50 mSv dalam satu tahun. Sedangkan untuk masyarakat, NBD yang berlaku sebesar 1 mSv.

D. Usulan Panduan Pembagian Daerah Kerja Perespons Awal Indonesia

Dari ketiga panduan yang dibahas atas, penulis menarik kesimpulan untuk mengusulkan pembuatan perimeter keselamatan dan keamanan pada Tabel 3 di bawah ini.

Keterbatasan alat ukur radiasi yang dimiliki oleh perespons awal dalam upaya pembuatan perimeter keselamatan dapat disiasati dengan panduan jarak sebelum adanya tim yang bertugas mengukur laju dosis atau tingkat kontaminasi. Setelah pengukuran tingkat kontaminasi atau laju dosis diperoleh, batasan yang jarak yang sudah ditetapkan dalam penentuan perimeter keselamatan dikaji ulang. Perimeter keselamatan bisa diperbesar atau dipersempit berdasarkan batasan laju dosis atau tingkat kontaminasi yang lebih dahulu tercapai.

Penerapan pemisahan perimeter keamanan dan keselamatan menggantikan konsep satu perimeter yang selama ini diterapkan di Indonesia tidaklah mudah. Hal ini dapat dilakukan dengan diseminasi informasi terkait konsep pembagian dua perimeter tersebut. Pembagian daerah kerja ini bertujuan untuk menjaga keselamatan perespons awal selama bertugas di lingkungan radiasi.

Penggunaan personal dosimeter untuk perespons awal yang bekerja di lingkungan radiasi sangat disarankan. Jika hal ini tidak memungkinkan, penggunaan personal dosimetri untuk beberapa perespons awal yang bekerja di lingkungan radiasi dalam waktu bersamaan dapat dibolehkan. Penggunaan satu dosimeter personal dalam satu kelompok dimungkinkan jika perespons awal tersebut tersebut bekerja dengan jarak yang tidak berjauhan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembagian daerah kerja berdasarkan perimeter keselamatan dan keamanan saat penanggulangan kedaruratan nuklir di luar instalasi nuklir atau fasilitas pemanfaat sumber radioaktif pada pembahasan di atas penting untuk diterapkan.

Dengan penerapan konsep pembagian daerah kerja berdasarkan pembagian perimeter keselamatan dan keamanan, maka:

1. keselamatan perespons awal yang bekerja di lingkungan radiasi akan lebih terjamin dengan menerima dosis yang dapat dibenarkan sesuai ketentuan.
2. kontaminasi yang terjadi dapat dikendalikan
3. pembuatan perimeter keselamatan dan keamanan oleh perespons awal dapat dibuat sementara berdasarkan panduan jarak sebelum tibanya tim yang melakukan pengukuran tingkat radiasi.

Hasil kajian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam pembuatan pedoman penentuan perimeter keamanan dan keselamatan yang dikeluarkan oleh Badan Pengawas yang nantinya dapat dijadikan bagian dari prosedur tetap perespons awal dalam hal penanganan kedaruratan nuklir/radiologi yang terjadi di luar instalasi nuklir sehingga lebih menjamin keselamatan perespons awal dalam menangani kedaruratan nuklir.

Tindak lanjut yang perlu dilakukan ialah perlunya koordinasi antar instansi perespons terkait penerapan konsep ini dalam masing-masing prosedur baku (SOP) instansi yang terlibat dalam penanganan kedaruratan nuklir.

Tabel 3. Rekomendasi untuk pembuatan perimeter keamanan dan keselamatan

No.	Situasi	Batas Perimeter	
		Jarak	Laju dosis/ Kontaminasi
Perimeter keselamatan (panduan untuk perespons awal)			
1	Bungkusan utuh dengan label I-PUTIH, II KUNING, III KUNING	Sekitar bungkusan	
2	Bungkusan Rusak dengan label I-PUTIH, II KUNING, III KUNING	Radius 30 meter	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 μSv/jam atau ○ 1.000 Bq/cm² gama/beta atau ○ 100 Bq/cm² alfa
3	Sumber untuk kepentingan konsumen seperti detektor asap	Tidak ada	
4	Sumber tak berperisai atau berpotensi rusak	Radius 30 meter	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 μSv/jam atau ○ 1.000 Bq/cm² gama/beta atau ○ 100 Bq/cm² alfa
5	Tumpahan besar mengandung sumber	Radius 100 meter	
6	Kebakaran, ledakan atau asap yang melibatkan sumber	Radius 300 meter	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 μSv/jam atau ○ 1.000 Bq/cm² gama/beta atau ○ 100 Bq/cm² alfa
7	Dugaan bom RDD meledak ataupun tidak meledak	Radius 400 meter atau lebih	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 μSv/jam atau ○ 1.000 Bq/cm² gama/beta atau ○ 100 Bq/cm² alfa
8	Ledakan konvensional (non nuklir) atau kebakaran melibatkan senjata nuklir (tidak ada nuclear yield)*	Radius 1.000 m	<ul style="list-style-type: none"> ○ 100 μSv/jam atau ○ 1.000 Bq/cm² gama/beta atau ○ 100 Bq/cm² alfa
9	Sumber rusak, hilang perisainya atau tumpahan dalam gedung	Area berdekatan dan terkena dampak (termasuk lantai atas dan di bawahnya)	
10	Kebakaran atau kejadian lain melibatkan sumber yang dapat menyebarkan sumber melalui bangunan (misalnya melalui system ventilasi)	Seluruh gedung dan jarak terluar seperti panduan dia atas	
Perimeter keselamatan daerah radiasi lebih tinggi (panduan untuk pengkaji radiologi)			
11	Perimeter keselamatan radiasi sangat tinggi dan tinggi		100 mSv/jam
12	Perimeter keselamatan radiasi tinggi dan sedang		10 mSv/jam
13	Perimeter keselamatan radiasi sedang dan rendah		1 mSv/jam
14	Perimeter keselamatan radiasi rendah		<0,1 mSv/jam
Perimeter keamanan			

No.	Situasi	Batas Perimeter	
		Jarak	Laju dosis/ Kontaminasi
15	ke daruratan nuklir	5-10 meter dari titik ditemukan dua kali laju latar	

*tidak ada dampak dari energi yang dilepaskan oleh ledakan nuklir

DAFTAR PUSTAKA

1. International Atomic Energy Agency. 1991. *The International Chernobyl Project Technical Report, Assessment of Radiological Consequences and Valuation of Protective Measures Report by an International Advisory Committee*. IAEA, Vienna.
2. International Atomic Energy Agency. 2003. *Updating Tecdoc 953: Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency*. IAEA, Vienna.
3. International Atomic Energy Agency. 2011. *Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency GSG 2*. IAEA, Vienna.
4. Canada Nuclear Safety Commission. 2009. *Hazmat Team Emergency Response Manual for Class 7 Transport Emergencies Info-0764 Rev. 2*. CNSN, Ottawa.
5. Conference of Radiation Control Program Directors HS-5 Task Force for Responding to a Radiological Dispersal Device. 2006. *Handbook for Responding Radiological Dispersal Device, First Responder Guide, Conference of Radiation Control Program Director*. Conference of Radiation Control Program Directors, Inc, New York.