



# **BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**

Nuclear Energy Regulatory Agency

Jl. Gajah Mada No. 8 Jakarta 10120. Telp. +62 (21) 6385-8269/70, 630-2164, 630-2415, 630-2485

Fax. +62 (21) 6385-8275. PO. Box 4005 Jakarta 10040

Kedaruratan Nuklir: Telp. +62 (21) 6385-6518. Fax. 630-2187

Homepage: [www.bapeten.go.id](http://www.bapeten.go.id), Email: [info@bapeten.go.id](mailto:info@bapeten.go.id)

---

**PEDOMAN  
PENANGGULANGAN KEDARURATAN  
RADIOLOGI  
UNTUK PELAKSANA  
TANGGAP DARURAT**

**Direktorat Keteknikan dan Kesiapsiagaan Nuklir  
BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
(BAPETEN)**

**Jakarta, Juli 2009  
PEDOMAN PENANGGULANGAN KEDARURATAN  
RADIOLOGI**

**PEDOMAN UNTUK PENILAIAN DAN TANGGAP SELAMA KEDARURATAN  
RADIOLOGI**

## BAB I INISIASI TANGGAP

### 1.1. Prosedur Inisiasi Tanggap

#### Tujuan

Untuk memulai tanggap formal ketika pemberitahuan kedaruratan radiologi

#### Pembahasan

Prosedur ini harus diketahui dan diikuti oleh semua anggota dan staf dari organisasi resmi yang merupakan pihak pertama yang diberitahu mengenai kedaruratan dengan konsekuensi potensial radiologi. Prosedur ini dilakukan oleh *inisiator* tanggap

#### Input

Pemberitahuan situasi potensial atau nyata dari kedaruratan radiologi

#### Output

- Pendaftaran kedaruratan pada lembar kerja A1
- Satuan tanggap kedaruratan yang telah diaktivasi/siap
- Instruksi awal kepada pemanggil (lembar kerja A2)

#### Langkah – Langkah

1. Dapatkan deskripsi kecelakaan atau kedaruratan dari petugas yang melapor dengan menggunakan Formulir Pendaftaran Kecelakaan (Lembar Kerja A1). Verifikasi laporan
2. Nasehati pelapor untuk bertindak sebagai berikut sedapat mungkin:
  - i. Jangan memegang objek apapun ditempat kejadian
  - ii. Sediakan pertolongan pertama jika mampu.
  - iii. Sebagai tindakan kewaspadaan, dipersilahkan pindah dan meminta kepada yang lainnya untuk berpindah jauh dari wilayah bahaya sampai pada jarak yang logis (katakanlah 50 m); ini tidak termasuk petugas pertolongan pertama atau/dan petugas pertolongan korban
  - iv. Batasi daerah jika mungkin
  - v. Jangan makan, minum atau merokok dekat wilayah kecelakaan
  - vi. Minta orang-orang untuk tetap dilokasi, jauh dari bahaya, sampai datangnya pelayanan tanggap darurat.
  - vii. Tunggu pelayanan tanggap darurat dan beri keterangan ringkas pada *kontroler* kejadian
3. Ingatkan manajer kedaruratan dan sediakan kepadanya dengan informasi dari Formulir Pendaftaran Kedaruratan (Lembar Kerja A1)
4. Dapatkan dari manajer kedaruratan daftar satuan tanggap yang diaktivasi/siap. Ingat/siapkan mereka dan lengkapi Formulir Satuan Tanggap Darurat Yang Siap (Lembar Kerja A2)
5. Rekam semua kejadian dalam sebuah *logbook*. Ini mencakup semua notifikasi, komunikasi, tindakan-tindakan kedaruratan dan informasi lain yang ada yang dapat berguna dalam mendokumentasikan kedaruratan.

#### Catatan

**Dalam beberapa susunan, manajer kedaruratan yang akan menghubungi satuan tanggap, tapi ini harus jelas dalam perencanaan lokal siapa yang melaksanakan tugas ini.**

## BAB II MENGELOLA TANGGAP KECELAKAAN

### 2.1 Prosedur Peninjauan Manajemen Kedaruratan

#### Tujuan

Untuk menyediakan tinjauan tindakan dasar yang harus dilakukan oleh manajer kedaruratan jika terjadi kedaruratan radiologi.

#### Pembahasan

Manajer kedaruratan harus menilai secepatnya situasi radiologi dan non-radiologi berdasarkan informasi dari *inisiator* tanggap dan *kontroller* ditempat kejadian. Berdasarkan penilaian ini, tindakan tanggap awal untuk memitigasi konsekuensi harus diimplementasikan dan tindakan proteksi yang sesuai diambil.

Manajer Kedaruratan harus sadar bahwa komunikasi dengan media dan publik ialah bagian yang perlu dari tanggap darurat.

#### Input

- Notifikasi/pemberitahuan situasi kedaruratan yang nyata atau potensial (Lembar Kerja A1)

#### Output

- Penilaian kedaruratan
- Keputusan mengenai tindakan tanggap
- Pengumuman Informasi Publik

#### Tahap Kedaruratan

##### Langkah – langkah

1. Dapatkan keterangan ringkas dari inisiator tanggap (lembar kerja A1) dan personal lain yang ada yang sudah terlibat dalam manajemen kedaruratan ( contohnya. Kontroller kejadian, pengkaji radiologi atau staf fasilitas jika sudah berada di lokasi kejadian). Ingatkan/aktifkan satuan tanggap lainnya yang dibutuhkan yang ada.
2. Menginisiasikan catatan personal untuk merekam tindakan kritis dan keputusan yang dibuat selama kedaruratan, mencakup:
  - i. Waktu yang diaktifkan
  - ii. Orang-orang yang dipanggil dan waktu pemanggilan
  - iii. Unit-unit tanggap darurat di tempat kejadian, waktu dipanggil dan waktu datang
  - iv. Keputusan mengenai tindakan proteksi, mencakup perubahan dari keputusan sebelumnya
  - v. Keputusan mengenai tindakan tanggap lainnya
  - vi. Perubahan-perubahan besar terhadap situasi dan waktu

### Catatan

Pencatatan (*Bank data*) tentang kecelakaan sangat penting. Tindakan tindakan tanggap radiologi dan non radiologi yang yang diambil harus didaftarkan dan simpan secara memadai. Informasi ini dapat nantinya digunakan untuk pembelajaran atau untuk argumentasi – argumentasi legal.

3.Kaji Informasi awal sesuai dengan Gambar B0 untuk mendapatkan gambaran luas tentang tingkat besarnya masalah yang mungkin.

### Catatan

Dengan memperhatikan keadaan disetiap kecelakaan, ini perlu untuk membentuk fasilitas fasilitas komando dan pengawasan seperti ( lihat gambar C1): pos komando, wilayah penerimaan untuk petugas tanggap, wilayah barisan kendaraan, wilayah penerimaan media, dll. Perintah operasional dari semua petugas lapangan akan dikoordinasikan dari sebuah pos komando, yang akan menyediakan fasilitas untuk *kontroller* kejadian untuk mengerahkan sumber daya di tempat kejadian. Pos komando akan menjadi titik pusat pemanggilan untuk semua satuan tanggap (agen agen) yang dikerahkan.

4.Dari Informasi dasar identifikasikan jenis jenis kedaruratan dan evaluasi tindakan tindakan utama yang pelu dengan menggunakan gambar sesuai yang ditulis dibawah ini:

Jika terjadi:	Lihat ringkasan tindakan dalam gambar:
Ditemukan sumber atau kontaminasi	B1
Sumber hilang	B2
Sumber yang tak terlindungi	B3
Kecelakaan Laboratorium	B4
Kecelakaan Transportasi	B5
Dispersi emisi alfa	B6
Mesin X-ray dan akselerator	B7

5. Untuk melihat rinci , silahkan lihat prosedur yang sesuai.

Jika terjadi:	Ikuti Prosedur:
Kecelakaan dengan sumber sumber atau bahan radiasi	2.2
Sumber Hilang	2.3

### Catatan

Pedoman umum untuk tanggap jika terjai kontaminasi batas negara atau jatuhnya satelit bertenaga nuklir dapat ditemukan dalam tambahan V atau VI berturut turut

6. Pastikan semua pedoman dan tindakan proteksi personal diimplementasikan sesuai dengan rekomendasi dari pengkaji radiologi.

7. Pastikan bawah petugas pada tempat kejadian sadar akan potensi tanggap media yang cepat dan harus membuat perencanaan untuk penerimaan, pengumpulan dan pengendalian petugas media sepraktis mungkin. Tunjuk petugas penghubung *press* jika perlu

### **Catatan**

*Press* tidak diperbolehkan memasuki tempat kejadian, tetapi dimana dapat dipraktekan harus diizinkan untuk mengambil foto dan film terhadap tempat kejadian. Pengadaan keterangan ringkas atau *bulletin* secara teratur terhadap petugas media menjadikan mereka tetap mengetahui fakta seiring kecelakaan berkembang. Ini juga memastikan bahwa petugas media tidak boleh menghalangi pekerjaan *kontroller* kejadian.

Tahap Setelah Kedaruratan  
Langkah – langkah

8. Ketika kedaruratan selesai:

- i. dapatkan penilaian dosis dari pengkaji radiologi
- ii. pastikan tindak lanjut medis yang berkelanjutan terhadap orang yang dikirim ke Rumah Sakit
- iii. memberitahu media dan publik
- i. memberitahu semua organisasi yang telah diaktikan bahwa kedaruratan dibawah kendali.

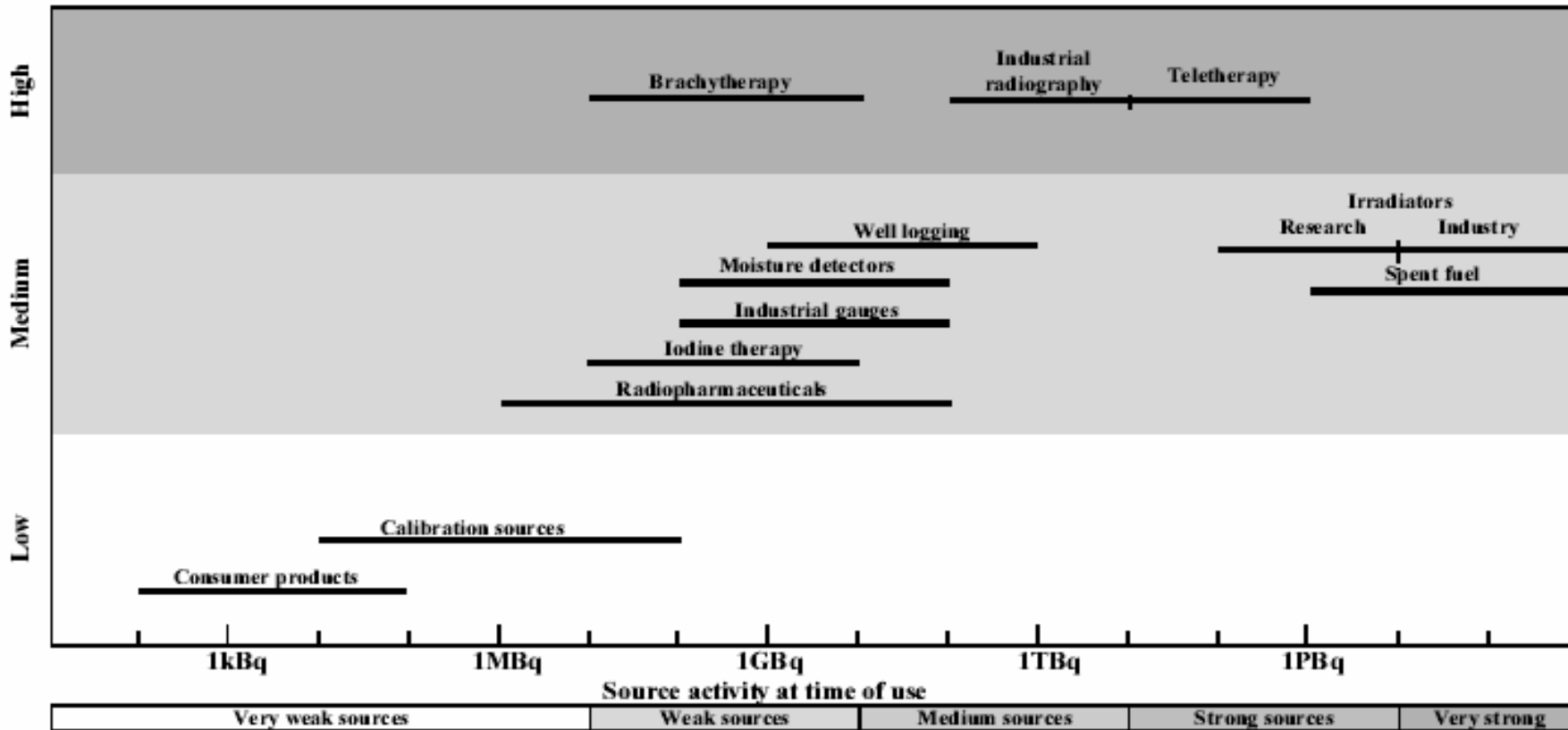
9. Pastikan semua tindakan, keputusan dan/atau rekomensai telah didaftar/catat. Amankan semua rekaman, peta, papan status, dll.

10. Rekonstruksi kecelakaan, evaluasi tanggap dan buat pembelajaran. Jika diperlukan perbaharui/mutakhirkan rencana kedaruratan. Persiapkan laporan final (lihat Tambahan VIII untuk pedoman).

### **Catatan.**

Kedaruratan akan dihentikan ketika tidak ada paparan abnormal potensial selanjutnya dan konsekuensi radiologi dalam terminologi dampak kesehatan untuk orang orang yang terpapar telah ditangani sepatutnya.

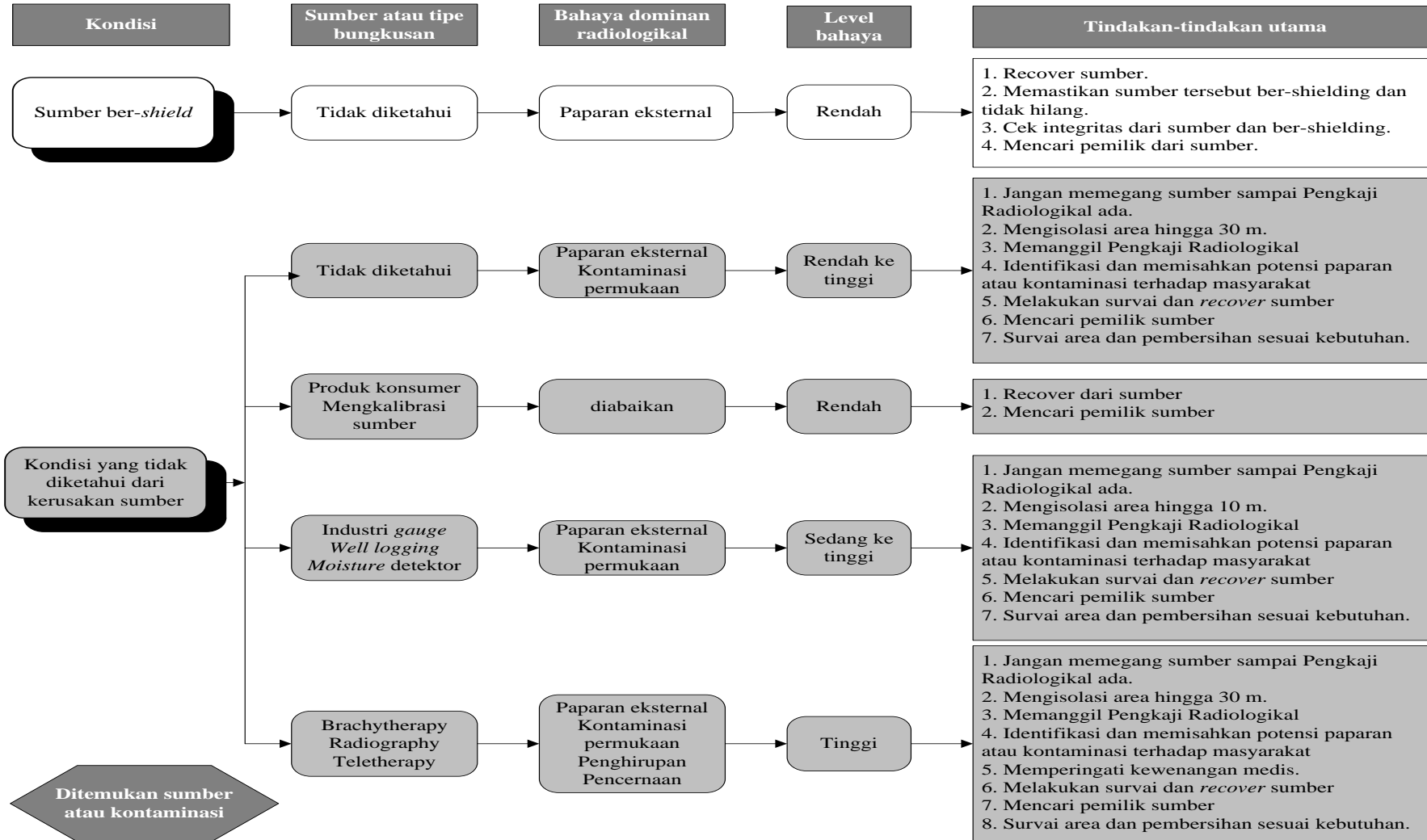
Gambar B0: Besarnya Potensi Masalah



Keterangan:

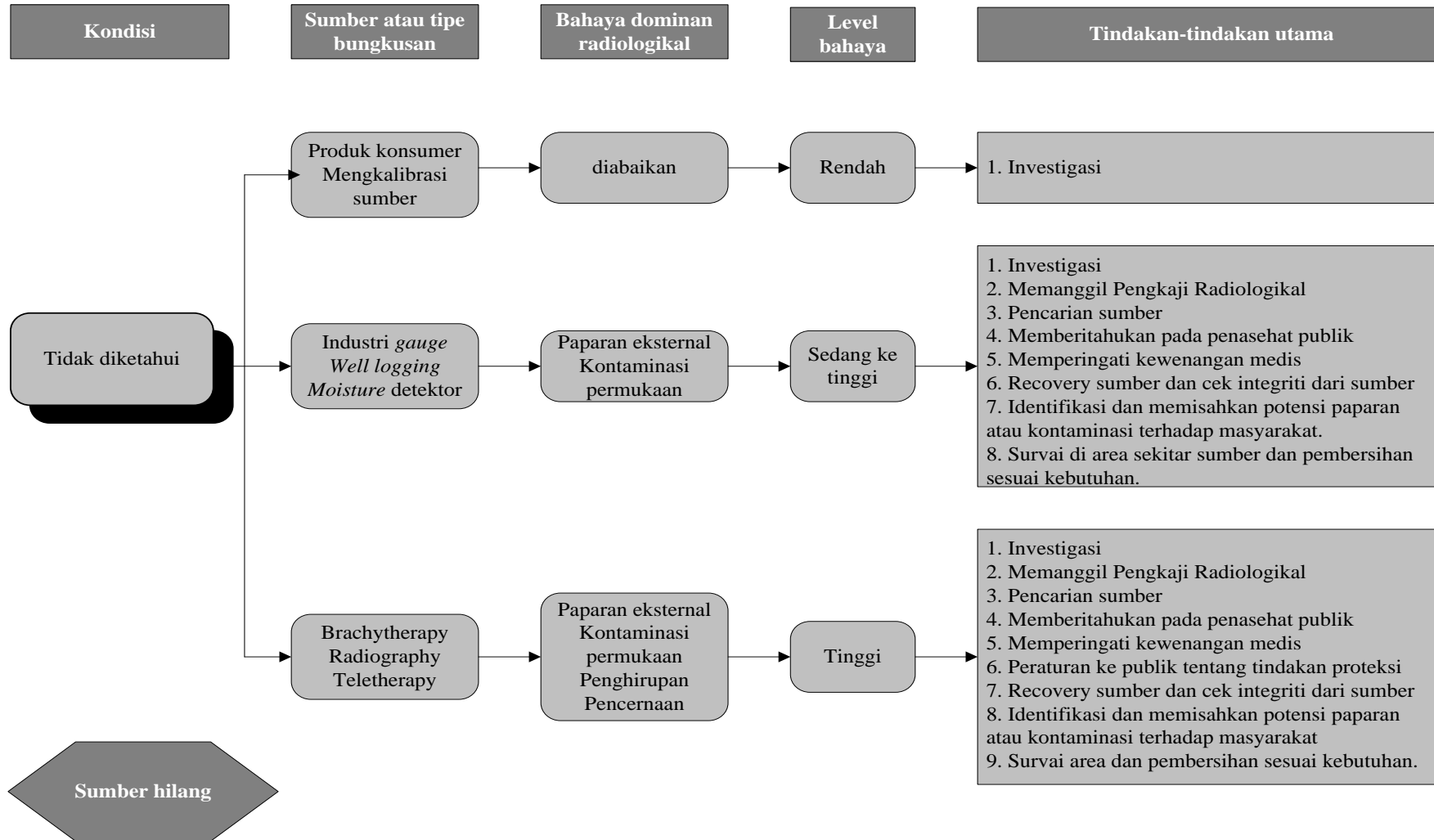
- Besarnya masalah yang menyertai pita-pita yang sesuai adalah lebih atau kurang lebih sama.
- Penentuan mendasar dari irradiator seperti ketika mereka dapat menyediakan potensial *lethal* dosis bagi pekerja dimana mereka tidak menyukai adanya resiko signifikan terhadap masyarakat.
- Kategori sedang berdasarkan sifat kekuatan dari pengangkutan container, dimana akan dapat diterima dalam pengangkutan.

Gambar B1: Ditemukan sumber atau kontaminasi

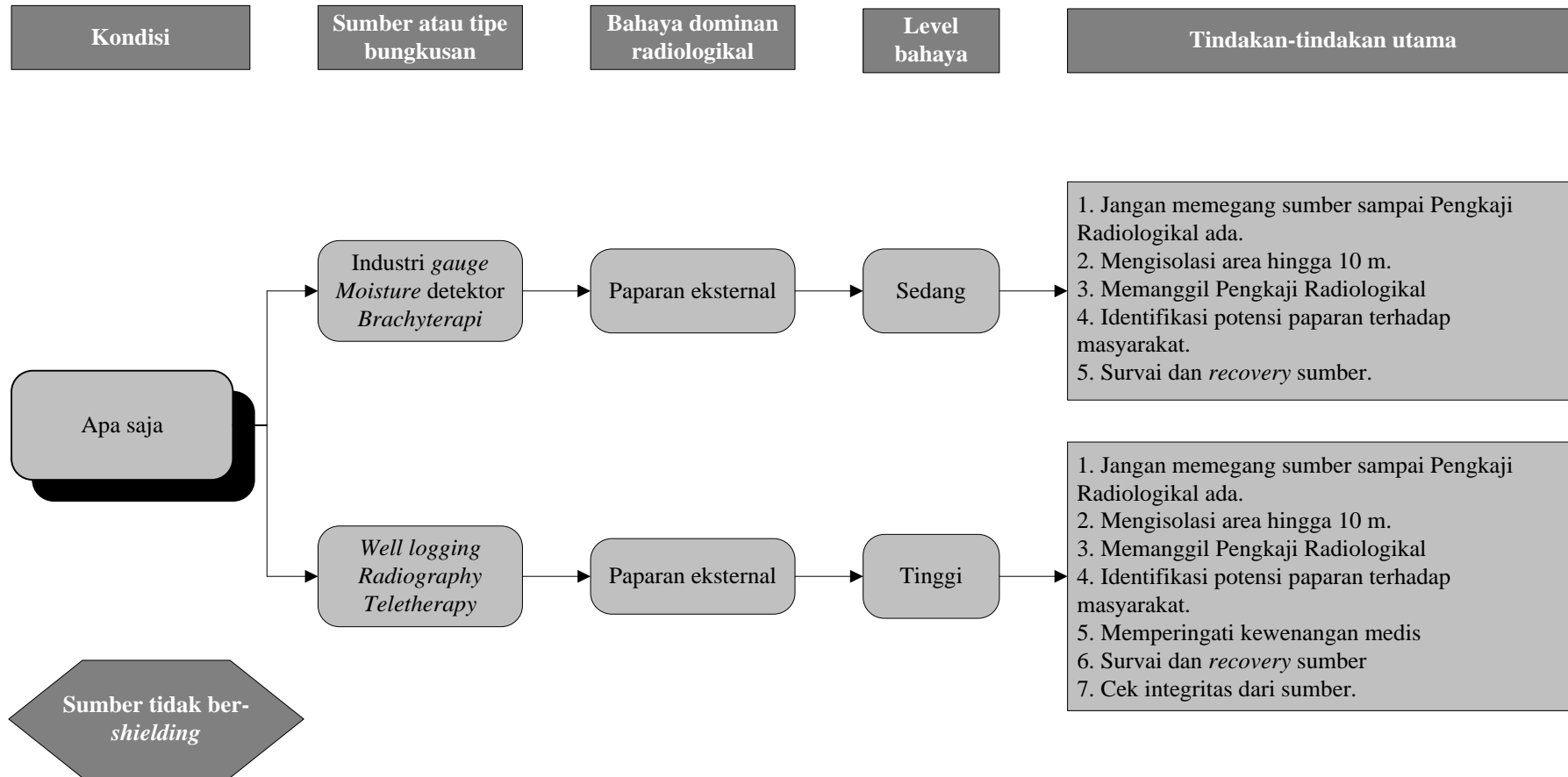




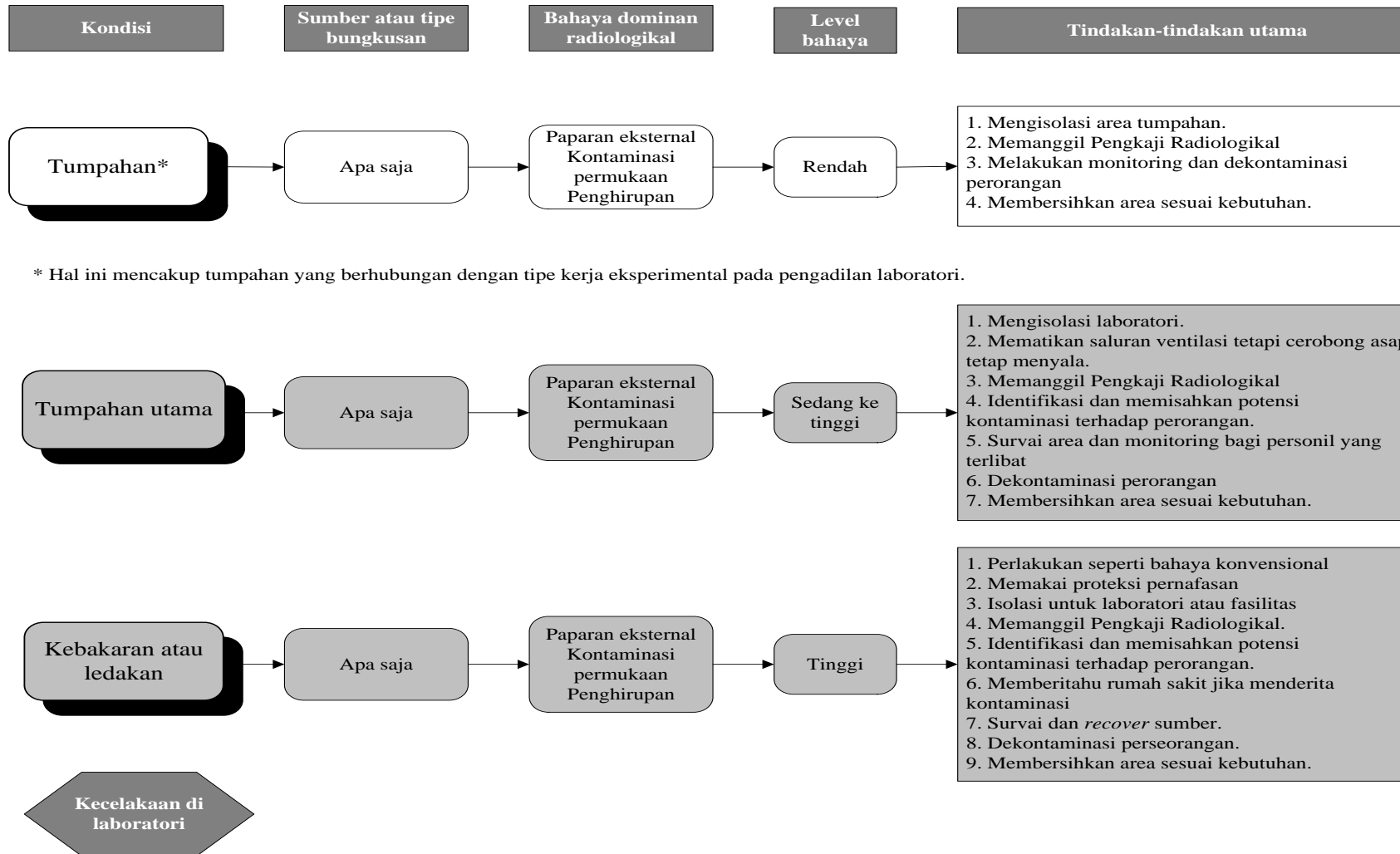
Gambar B2 : Sumber hilang



Gambar B3: Sumber yang tak terlindungi (*unshielded*)

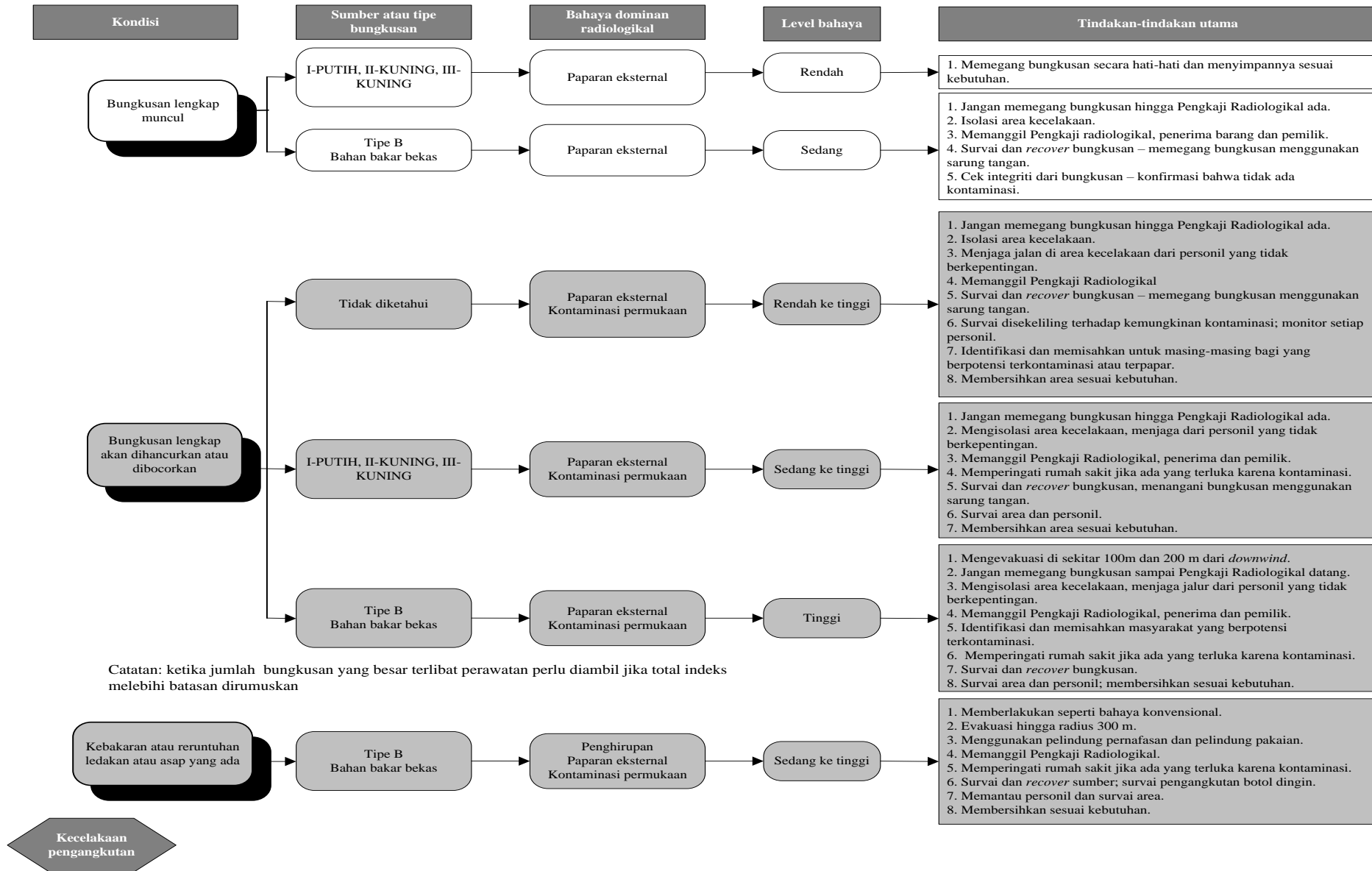


Gambar B4: Kecelakaan Laboratorium

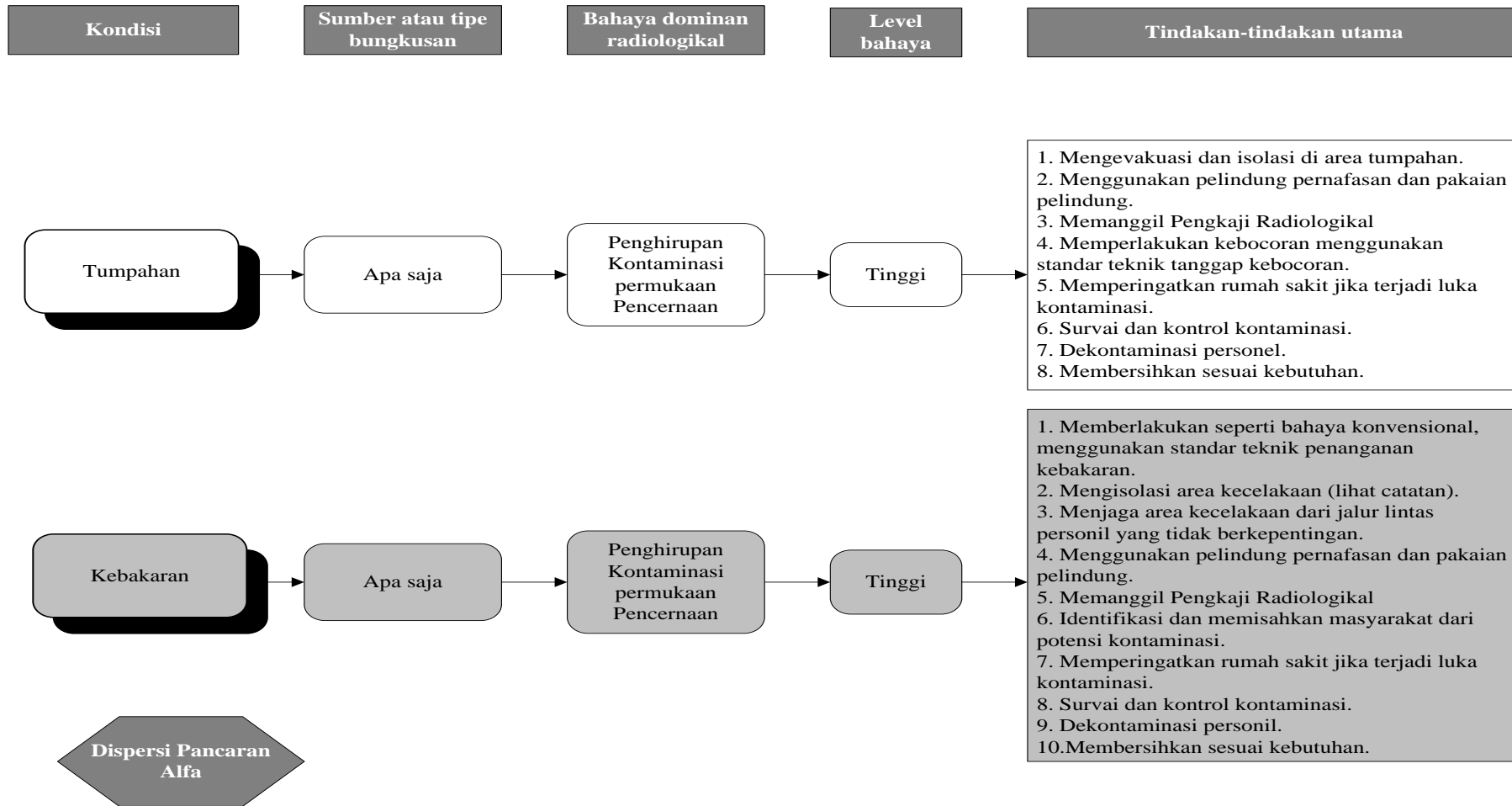


\* Hal ini mencakup tumpahan yang berhubungan dengan tipe kerja eksperimental pada pengadilan laboratorium.

Gambar B5: Kecelakaan Transportasi

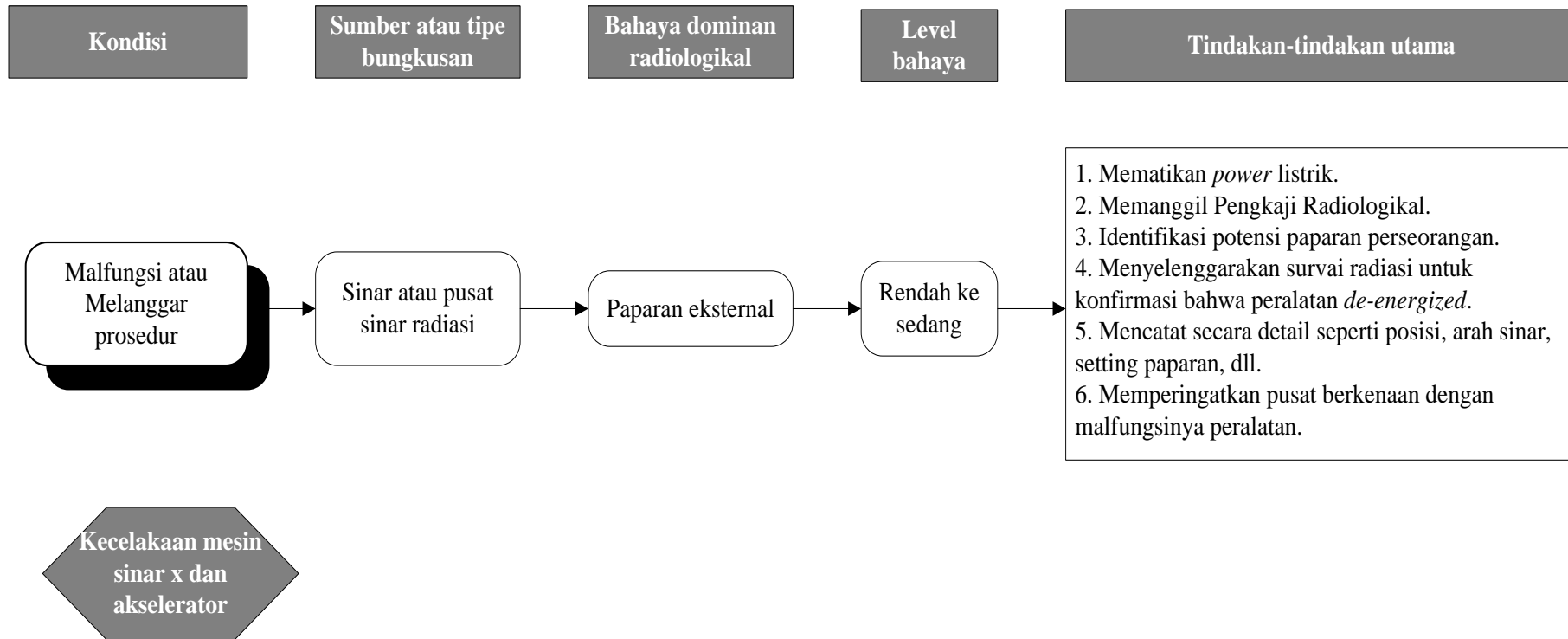


Gambar B6: Dispersi emisi alfa



Catatan: banyak dari sumber yang tertutup digunakan dalam industri adalah dalam bentuk desain spesial untuk menahan temperatur tinggi. Ketika bahan radioaktif alfa tidak tertutup digunakan atau sumber tertutup dalam jumlah besar maka ini mungkin penting untuk mempertimbangkan evakuasi hingga 300 m.

Gambar B7: Mesin X-ray dan akselerator



## 2.2. Prosedur Kecelakaan dengan sumber sumber atau bahan radiasi

### Tujuan

Untuk menyediakan pedoman dalam mengatur tindakan untuk mengurangi konsekuensi, limit paparan terhadap masyarakat dan pekerja kedaruratan, limit dari penyebaran kontaminasi, recover sumber dan/atau pembersihan dalam kedaruratan yang berhubungan dengan sumber atau bahan radiasi.

### Pembahasan

Hal ini merupakan kategori luas, dimana termasuk penemuan sumber atau kontaminasi, hilangnya sumber, sumber tidak ber-*shielding*, kecelakaan dalam laboratorium atau fasilitas penelitian, kecelakaan transportasi dan dispersi pancaran alfa. Bagaimanapun, pendekatan penyebab awal dari sumber atau kontaminasi adalah sama. Ini kemungkinan tidak akan diketahui sebelumnya jika terjadi kontaminasi saat itu (contohnya walaupun telah terjadi pelanggaran sumber). Sehingga, kurangnya asuransi disediakan secara berlawanan, tanggapan terhadap tipe-tipe ini dari kecelakaan harus diasumsikan pada permulaan dimana kontaminasi kemungkinan terjadi. Tingkatan bahaya tergantung dari alam dan aktifitas sumber, yang kemungkinan tidak diketahui diawal. Prosedur ini dilakukan oleh Manajer Kedaruratan.

### Input

- Pemberitahuan terhadap potensi atau situasi nyata dari kedaruratan (Lembar kerja A1)

### Output

- Pengkajian terhadap kedaruratan
- Keputusan dalam tindakan proteksi
- Pengumuman informasi publik

### Langkah – Langkah

1.1. Mencalonkan pejabat senior pada tempat kejadian sebagai *controller* di tempat kejadian dan membangun komunikasi dengan tempat kejadian. Menyediakan intruksi awal untuk *controller* ditempat kejadian.

Instruksi awal harus dialamatkan mengikuti pertimbangan, digunakan sebagai:

- pertolongan pertama korban terluka;
- perlawanan pertama bahaya konvensional (seperti kebakaran);
- pembatasan terhadap sumber atau kontaminasi;
- mengatur *security perimeter* pada jarak aman (lihat Tabel C1);
- mengisolasi masyarakat yang mungkin terkontaminasi;
- melindungi pekerja kedaruratan;
- melaksanakan survei radiologikal;
- membatasi penyebaran kontaminasi.

1.2. Menjelaskan bagaimana kejadian cukup serius atau telah cukup mempengaruhi masyarakat dalam menjamin pengiriman *controller* ditempat kejadian di level nasional dengan asumsi pengendalian keseluruhan.

2. Jika tidak diselesaikan, pengiriman seluruh keperluan tanggap darurat di tempat kejadian. Menginformasikan kepada mereka tentang bahaya radiologikal pada saat itu. Mengarahkan mereka tentang tindakan proteksi personal.

Menentukan dalam kooperasi *controller* ditempat kejadian jika penambahan relevan dan kebutuhan sumber daya mungkin diperlukan:

- i. pelayanan tanggap darurat lain (pemadam kebakaran, polisi, pertahanan sipil, tanggap medis, dll);
- ii. badan pengawas;
- iii. keanggotaan dari staf anda;
- iv. departemen lain yang terkait dengan organisasi anda;
- v. perusahaan swasta (seperti pengolahan limbah, tim pembersih, suplier peralatan berat).

3. Memastikan bahwa *controller* ditempat kejadian telah diinformasikan terhadap koneksi sumber daya yang dapat datang di tempat kejadian.

4. Memperoleh laporan regular dari *controller* ditempat kejadian dalam:

- i. status dari bahaya konvensional;
- ii. status dari bahaya radiologikal;
- iii. keamanan publik;
- iv. rekomendasi dan implementasi tindakan proteksi.

Perbaharuan informasi secara regular dalam *Mencatat Tindakan Tanggap Segera* (Lembar kerja B1)

5. Berdasarkan pada hasil monitoring dan rekomendasi dari pengkaji radiologikal pengkajian ulang tindakan proteksi. Buat keputusan dalam tindakan proteksi tambahan untuk masyarakat dan instruksi *controller* ditempat kejadian jika diperlukan.

6. Memastikan bahwa kontaminasi monitor pengkaji radiologikal atau potensi kontaminasi terhadap masyarakat dan bahwa, jika dibutuhkan berdasarkan nasehat dari pengkaji radiologikal, mereka tidak dikirim oleh arti yang sesuai ke rumah sakit. Jika ya, memperingati rumah sakit bahwa kontaminasi atau potensi pasien yang terkontaminasi telah dikirim, dan diatur untuk pendukung radiologikal terhadap rumah sakit.

7. Menginformasikan kepada media dan publik jika dibutuhkan dalam kooperasi dengan *controller* ditempat kejadian.

### **Catatan**

Publik mempunyai hak untuk mengetahui kenyataan, dan media mempunyai kepentingan legitimasi dalam memberitahukan ke publik tentang kenyataan yang ada. Kebenaran tentang kedaruratan radiasi hampir pasti kurang lebih sama dengan alarm dibandingkan ide-ide yang dibesar-besarkan yang akan di sirkulasikan dalam ketidakhadiran dari publik yang tidak mengerti berdasarkan fakta pada pengumuman publik.

Tim lapangan TIDAK HARUS menyediakan data kepada publik tetapi boleh menyediakan nomor telepon untuk mengontak manager kedaruratan. Tim lapangan mungkin menjelaskan APA yang mereka kerjakan dan MENGAPA.



8. Ketika sumber dan kontaminasi, jika saat itu, telah dibatasi, recovery koordinat sumber dan membersihkan aktifitas. Hal itu mungkin penting pada poin untuk konsultasi dengan pengkaji radiologikal dalam memilih yang terbaik dan dalam kebutuhan tambahan sumber daya. Itu mungkin dapat juga penting dalam menandakan *controller* ditempat kejadian (jika *controller* ditempat kejadian awal adalah anggota dari tim tanggap darurat) untuk memenuhi bagian dari pelayanan tanggap darurat untuk mengembalikan kewajiban normal mereka.
9. Pengkajian ulang dari situasi ketika terdapat beberapa perubahan utama dari status kedaruratan
10. Dalam konsultasinya dengan pengkaji radiologikal atau beberapa profesional pembuat rencana lainnya untuk *recovery* sumber dan operasi pembersihan (jika diperlukan). Membangun strategi untuk pengolahan limbah (jika ada).

### **Catatan**

Pada beberapa kasus dari pekerja kedaruratan mungkin telah terlibat dengan kecelakaan tersebut seperti sebuah industri radiografi yang menemukan sebuah sumber *stuck* dalam suatu posisi paparan mungkin juga akan dipengaruhi oleh sumber *recovery* karena pengetahuan pekerja terhadap peralatan. Dalam beberapa kasus pada pekerja yang menggunakan personal dosimetri selama kecelakaan harus menggantinya dengan yang baru, ini akan diijinkan oleh asosiasi dosis pada kecelakaan dan sumber *recovery* yang akan diidentifikasi secara terpisah.

11. Merencanakan dan melatih tindakan untuk recovery dari sumber.
12. Mengawasi sumber recovery, operasi pembersihan dan pengolahan limbah (jika ada).

## 2.3. Prosedur Sumber Hilang

### Tujuan

Untuk menyediakan pedoman dalam identifikasi, lokasi dan recovering suatu sumber hilang ketika memastikan keselamatan publik dan pekerja kedaruratan.

### Pembahasan

Suatu sumber hilang bisa sangat berbahaya jika para anggota publik yang tidak peduli akan bahaya radiasi menemukannya. Prioritas pertama di dalam kecelakaan jenis ini adalah untuk mengidentifikasi lokasi sumber seperti juga semua orang yang mungkin telah tanpa mengetahui menanganinya. Informasi tentang tipe dari sumber, keaktifannya dan secara fisik lain dan karakteristik kimia akan penting di dalam menaksir bahaya potensialnya terhadap publik. Usaha-usaha untuk melacak sumber, secara normal dimulai pada lokasi terakhir yang diketahui. Investigative pekerjaan harus diselenggarakan untuk menyelidiki kembali urutan dari kejadian. Laporkan dari komunitas medis di tempat yang mungkin terkontaminasi atau korban-korban terpapar parah, survai oleh pengkaji radiologikal dan penyelidikan oleh polisi dimana semua sumber informasi diperlukan dimana sumber tersebut berada.

Manajer kedaruratan harus menyadari akan kemungkinan bahwa suatu sumber hilang atau bahan radioaktif bisa menjadi subjek penyelundupan.

### Input

- Pemberitahuan sumber hilang (Lembar kerja A1)\
- Semua dokumentasi dan informasi yang tersedia berkenaan sumber hilang

### Output

- Pengkajian bahaya terhadap publik
- Rencana pencarian yang sesuai
- Keputusan berkenaan tindakan tindakan protektif
- Nasehat dan informasi publik jika diperlukan

### Langkah – Langkah

1. Kaji semua informasi dan dokumentasi berkenaan sumber hilang. Hubungi pemilik sumber.

### Catatan

Informasi dari sumber sumber yang berbeda dapat menyebabkan konflik atau kebingungan. Dimana mungkin, informasi yang diraih dari sumber berbeda harus dibandingkan dan diperiksa untuk memverifikasi konsistensi dan kelengkapan

2. Hubungi polisi untuk memulai investigasi di lokasi sumber. Rekonstruksi sejarah dan kondisi kehilangan.
3. Nilai tingkat bahaya, gunakan gambar B0 dan B1. Jika tingkat bahaya tinggi atau medium, hubungi pengkaji radiologi. Sediakan informasi yang diketahui berkenaan tipe sumber, aktivitas dan karakteristik, dan dapatkan estimasi potensi bahaya ke publik dari Pengkaji Radiologi.
4. Bersama dengan pengkaji radiologi, pemilik sumber dan polisi, tentukan (jika ada) nasehat kepada publik yang harus dikeluarkan. Pertimbangkan kemungkinan – kemungkinan dibawah ini:

- i. Menyiagakan rumahsakit dan meminta untuk diberitahu jika orang orang dengan gejala paparan radiasi atau kontaminasi tiba di rumah sakit.
  - ii. Menyiagakan media untuk mengingatkan penduduk tentang sumber hilang, bagaimana benda ini dapat dikenali, apa dampaknya, apa yang dikerjakan jika ditemukan, dan siapa yang akan dihubungi untuk ditanya atau pelaporan bahwa sumber telah terlihat.
5. Berdasarkan laporan laporan awal dari investigasi, kembangkan strategi pencarian. Ini akan melibatkan kerjasama antara pemilik sumber, polisi dan pengkaji radiologi. Tim pencari harus mencakup petugas yang telah dilatih dalam mengenali sumber dan bungkus radiasi dan mengukur radiasi. Dimanapun yang mungkin semua anggota tim pencari harus mengenakan dosimeter personal dan setidaknya satu anggota. Anggota tim pencari harus menggunakan prosedur pemantauan yang dijelaskan dalam Referensi [6]. Strategi Pencarian harus mempertimbangkan sebagai berikut:
- i. Mencari objek objek yang memuat simbol radiasi,
  - ii. Mencari objek objek dengan nama pemlik sumber atau manufakturnya,
  - iii. Mencari timah atau kontainer perisai berat lainnya,
  - iv. Untuk pencarian di wilayah yang luas, survey udara atau kendaraan darat dengan *sodium iodide* atau detektor yang cocok lainnya, dapat meolong dalam menentukan lokasi sumber atau sejauh mana kontaminasi terjadi dengan cepat, jika ada, pencarian dengan jalan kakai akan selalu melengkapi survey,
  - v. Survey tempat tempat pembuangan *sanitary* dan fasilitas *recycling*.
6. Mengatur tim pencari dan instrumen dan perlengkapan yang laya. Berikan briefing secara menyeluruh mengenai aspek operasional dari tugas pencarian dan bahaya radiologi yang dapat mereka temui. Semua kegiatan pencarian hendaknya dikerjakan sehingga paparan tetap pada ALARA.

Sediakan informasi seperti:

- i. Peta
- ii. Denah Bangunan
- iii. Hasil awal investigasi
- iv. Orang orang yang mungkin terlibat
- v. Jumlah anggota publik yang berpotensi terkena dampak

### **Catatan**

Untuk pencarian dalam fasilitas fasilitas atau wilayah yang terlarang , izin adminstratif mungkin harus didapatkan untuk anggota tim pencari

7. Awasi pencarian. Simpan rekaman dari semua tindakan, keputusan dan penemuan. Rute survey yang direncanakan dan hasil hasil pengamatan visual dan pengukuran laju dosis harus di cantumkan di peta pencarian, yang akan menjadi dokumen dasar pencarian.
8. Jika pencarian tidak berhasil, dokumentasikan semua fakta dan kaji kembali strategi pencarian. Lanjutkan pencarian.
9. Ketika sumber ditemukan lokasinya, lakukan tindakan segera untuk mengamankan sumber – tindakan paling segera ketika sumber ditemukan ialah memastikan bahwa anggota publik di sekitar tempat tersebut diproteksi secara memadai (lihat tabel C1). Disamping itu:
  - i. beritahu publik bawah sumber telah ditemukan ( jika pemberitahuan sebelumnya diberikan);
  - ii. memastikan bahwa semua orang yang mungkin terkena paparan diidentifikasi dan, jika perlu berdasarkan dari pengkaji radiologi, lapor ke rumah sakit;
  - iii. sediakan bantuan radiologi pada rumah sakit, jika dipersyaratkan;
  - iv. memulai dekontaminasi orang orang (jika diperlukan) dan pastikan tindak lanjut medis disediakan.
10. Dalam konsultasi dengan pengkaji radiologi atau profesional lain yang ada kembangkan rencana untuk pemulihan sumber dan operasi pembersihan (jika diperlukan). Bangun strategi untuk pengelolaan limbah (jika ada)
11. Rencanakan dan latih tindakan tindakan untuk pemulihan sumber
12. Awasi pemulihan sumber, operasi pembersihan dan pengelolaan limbah (jika ada)

## BAB III TANGGAP DI TEMPAT KEJADIAN

### 3.1 Prosedur Tanggap *Controller* di Tempat Kejadian

#### Tujuan

Untuk menyediakan pedoman berkenaan mitigasi konsekuensi kecelakaan dan mengimplementasikan tindakan tanggap di tempat kejadian

#### Pembahasan

Jika kecelakaan terjadi di fasilitas orang yang paling mungkin bertindak ialah petugas proteksi radiasi fasilitas, yang kemungkinan mempunyai alat pemantau dan pengetahuan menggunakannya. Dalam situasi lainnya tim atau petugas profesional pertama ditempat kejadian biasanya polisi, pemadam kebakaran atau tanggap medis darurat. Petugas senior di tempat kejadian biasanya menerima peranan sebagai *controller* kejadian sampai dipulihkan oleh otoritas yang sesuai. **Prosedur ini untuk Controller kejadian**, memberikan langkah dasar untuk memitigasi konsekuensi kecelakaan dan mengimplementasi tindakan tanggap ditempat kejadian. Dalam hampir setiap kasus, bahaya dikarenakan radiasi kurang dari bahaya yang ditembakkan kebakaran, ledakan dan bahaya konvensional lainnya.

#### Waspada

Fasilitas fasilitas dapat mempunyai sumber sumber radioaktif yang dapat menimbulkan dosis mematikan ke para satuan tanggap. Tanggapan yang ada di fasilitas ini harus diarahkan oleh petugas keselamatan radiasi atau pengguna sumber yang berwenang.

#### Langkah – Langkah

1. Siapkan pengkaji radiologi ( Jika belum). Hubungi Manajer Kedaruratan.

#### Catatan

Urutan dari beberapa langkah langkah dibawah ini dikerjakan bervariasi tergantung dari kemampuan *controller* kejadian dan lokasinya relatif terhadap tempat kejadian kecelakaan pada waktu pemberitahuan. Khususnya *controller* kejadian perlu memberikan nasehat awal melalui telepon kepada *inisor* tanggap.

#### Di tempat kejadian

2. Dekati tempat kejadian dengan waspada dan jangan terburu buru. Dimana adanya pelepasan potensial dai bahan radioaktif, pendekatan ke tempat kejadian harus berlawanan arah angin. Kaji situasi. Amati tanda tanda radiasi mungkin dapat ditemukan (lihat Tambahan IV) dan mungkin dapat menyebar, seperti :
  - placards* dengan simbol radiasi,
  - informasi dari para saksi yang mungkin tahu sesuatu tentang sifat bahaya,
  - bungkus yang mencantumkan simbol radiasi,
  - tumpahan, kebakaran atau ledakan.

Jika anda mempunyai *survey meters*, ukur laju dosis dan periksa kontaminasi. Nyalakan instrumen ketika mendekati tempat kejadian untuk menyediakan indikasi pertama dari penemuan radiasi. JANGAN mendekati wilayah yang dicurigai adanya sumber tanpa pengukuran laju dosis.

## Waspada.

Parikel alfa dan neutron TIDAK DAPAT dideteksi dengan *gamma/beta survey meters*.

Batasi waktu yang digunakan dalam wilayah bahaya terdekat. Coba menghindari kontak langsung dengan kontainer yang rusak atau bocor. Emisi alfa menimbulkan bahaya inhalasi yang signifikan dan membutuhkan proteksi pernapasan. Penggunaan peralatan pernapasan mensyaratkan pelatihan khusus dan perlengkapan harus digunakan oleh hanya profesional yang terlatih.

3. Pindahkan petugas tidak penting dan anggota publik dari wilayah kecelakaan. Jika kontaminasi dicurigai, tempatkan mereka di wilayah terpisah sampai pengkaji radiologi dapat memantau mereka akan kontaminasi.

Jika orang-orang terlibat kecelakaan terlihat terluka gunakan metode baku untuk pertolongan pertama. **JANGAN MENUNDA TINDAKAN PENYELAMATAN DIKARENAKAN KEBERADAAN RADIASI**

4.1 Pindahkan orang-orang terluka dari wilayah bahaya secepatnya

4.2. Beritahu Tanggap Medis Darurat dan beritahukan mereka bahwa korban dapat terkontaminasi dengan bahan radioaktif.

5. Awasi tindakan tanggap oleh tanggap darurat sesuai dengan prioritas dan prosedur berikut ini. Jika tanggap pertama yang ditunjuk tidak berada di tempat kejadian, tunjuk anggota dari tim lain untuk melaksanakan tugas tersebut sampai tim khusus tiba di tempat kejadian.

Tindakan	Satuan Tanggap Pertama	Ikuti Langkah – langkah dalam prosedur:
Sediakan bantuan medis pertama	Kedaruratan Medis	3.4
Atasi Kebakaran dan kendalikan tumpahan sesuai dengan prosedur baku	Pemadam kebakaran	3.3
Bentuk perimeter keamanan dan keselamatan dan kendalikan akses publik dan petugas dan keluarnya jarak aman awal untuk jarak aman (lihat tabel C1 untuk jarak dekat dan gambar C1 untuk denah tempat kecelakaan) i. Jika adanya kebakaran, kontaminasi mungkin tersebar melewati tempat kecelakaan. Pengkaji radiologi harus survei diluar wilayah terdekat. ii. Isolasi objek yang terkontaminasi dan tunda pembersihan sampai diperintah oleh manajer kedaruratan atau pengkaji radiologi.	Polisi	3.2
Koordinasi dengan tanggap fasilitas	Fasilitas	3.5

6. Pastikan tanggap kedaruratan menyadari akan pedoman proteksi personal pekerja kedaruratan (prosedur 3.6) dan bahwa mereka menggunakan kehati-hatian, sebagai berikut (lihat tabel C1 untuk pedoman pada jarak aman) :

Jika sumber ditemukan

- i. Jika sumber atau bungkusan tidak diketahui, jangan pegang, tunggu sampai nasehat dari pengkaji radiologi.
- ii. Jika sumber atau bungkusan rusak atau kelihatannya bocor, asumsikan telah ada kontaminasi. Jangan pegang. Batas lintas tanggap darurat kedalam dan keluar wilayah dan tunggu pengkaji radiologi.
- iii. Jika bungkusan mencantumkan kategori label I- PUTIH, II – KUNING atau III – KUNING DAN kelihatan kokoh, dana ini adalah mendesak untuk memindahkan bungkusan untuk alasan apapun, pegang bungkusan dengan kehati-hatian, masuk ke dalam tas, dan serahkan kepada pengkaji radiologi ketika tiba di tempat kejadian.

Jika kontaminasi dicurigai

- i. Pekerja yang masuk dan keluar melalui titik kendali akses, mengenakan sarung tangan dan pakaian pelindung (jika tersedia) dan proteksi pernapasan (jika kontaminasi udara dicurigai).
- ii. Jika petugas dengan *survey meter* tiba, tanggap darurat harus dipantau sebelum meninggalkan wilayah
- iii. Jika tidak ada *survey meter*, batasi lintas tanggap darurat diluar wilayah terdekat.
- iv. Tunggu sampai pengkaji radiologi dapat memantau tanggap darurat sebelum melepaskan mereka meninggalkan tempat kejadian. Binatang, kendaraan, peralatan atau barang lain yang dicurigai terkontaminasi harus tidak diizinkan dipindahkan dari wilayah kecuali dilepaskan oleh pengkaji radiologi.

## CATATAN

Dibawah kondisi kerja yang bahaya (panas, kebakaran, asap, dll) , terdapat keperluan untuk memeriksa kondisi medis tanggap darurat untuk kesehatan jasmani (denyut jantung, temperatur, tekanan darah, dll) pada saat sebelum dan sesudah memasuki tempat kejadian. Tanggap Medis Darurat dapat diminta untuk melaksanakan pemeriksaan ini.

7. Ketika pengkaji radiologi tiba di tempat kejadian, pastikan prosedur kontaminasi yang layak dilaksanakan dibawah pengawasannya.

8. Dapatkan *briefing* teratur dari pengkaji radiologi berkenaan:

- i. luasnya kontaminasi;
- ii. perimeter keselamatan dan keamanan yang dipersyaratkan;
- iii. tindakan protektif yang dipersyaratkan untuk pekerja darurat;
- iv. batas waktu untuk pekerja kedaruratan dalam wilayah bahaya;
- v. tindakan proteksi untuk penduduk;
- vi. kesulitan yang ada dalam implementasi tindakan

9. Sesuaikan perimeter keselamatan seperti disyaratkan berdasarkan hasil pemantauan atau seperti direkomendasikan oleh pengkaji radiologi. Implementasi tindakan proteksi yang disetujui manajer kedaruratan seperti dipersyaratkan. Jika manajer kedaruratan tidak dapat dihubungi, implementasikan tindakan proteksi yang direkomendasikan (oleh pengkaji radiologi) jika mendesak

10. Sediakan pembaharuan data (*updates*) kepada manajer kedaruratan.

TABEL C1 CONTOH JARAK AMAN AWAL DALAM KECELAKAAN RADIOLOGI

Situasi	Jarak Aman Awal
Bungkusan kokoh dengan label I-PUTIH, II-KUNING atau III-KUNING	Wilayah dekat disekitar bungkusan
Bungkusan rusak dengan Label I-PUTIH, II – KUNING atau III – KUNING	radius 30 m atau pada pembacaan 100 Sv/jam
Undamaged common source (consumer item) such as smoke detector Sumber kebanyakan yang tidak rusak (barang konsumen) seperti detektor asap	Wilayah dekat disekitar sumber
Sumber lain yang tidak terlindungi atau tidak diketahui (rusak atau tidak rusak )	radius 30 m atau pada pembacaan 100 Sv/jam
Tumpahan	Wilayah tumpahan ditambah 30 m disekitarnya
Tumpahan besar	Wilayah tumpah ditambah 300 m disekitarnya
Kebakaran, ledakan, asap, bahan bakar bekas, tumpahan plutonium	Radius 300 m atau pada pembacaan 100 Sv/jam
Ledakan/kebakaran melibatkan senjata nuklir (tidak menghasilkan nuklir)	Radius 1000 m

### Kegiatan Setelah Kedaruratan

11. Evaluasi tanggap dan buat pembelajaran. Laporkan ke Manajer Kedaruratan.



## 3.2 Prosedur Tanggap Polisi

### Tujuan

Untuk menyediakan pedoman untuk tanggap polisi dibawah kondisi radiologi

### Pembahasan

Prosedur ini dilakukan polisi yang sangat mungkin menjadi pertama tiba di tempat kejadian jika kecelakaan terjadi di tempat umum. Skenario kecelakaan yang paling mungkin dimana polisi berperan sebagai tanggap pertama ialah kecelakaan transportasi.

### Input

- Pemberitahuan kecelakaan
- Situasi ditempat kejadian

### Output

- Tindakan tanggap ditempat kejadian

### Langkah – Langkah

1. Jika anda pertama tiba ditiba ditempat terima peranan sebagai *controller* kejadian sampai pulih. Ikuti prosedur 3.1. Jika tidak, dapatkan *briefing* oleh controller kejadian.
2. Amankan wilayah kecelakaan ( lingkari wilayah) dan pastikan keselamatan orang orang. Gunakan tabel C1 untuk menentukan jarak aman kira kira dari sumber. Lihar gambar C1 untuk denah umumnya dari perimeter keamanan dan keselamatan.

Jika anda memiliki *survey meter*, bentuk perimeter keselamatan pada 100  $\mu\text{Sv/h}$ . Tidak mendekati wilayah jika laju dosis melebihi 10 mSv/h kecuali untuk penyelamatan dan/atau mencegah berkembangnya keadaan menuju kondisi bencana besar.

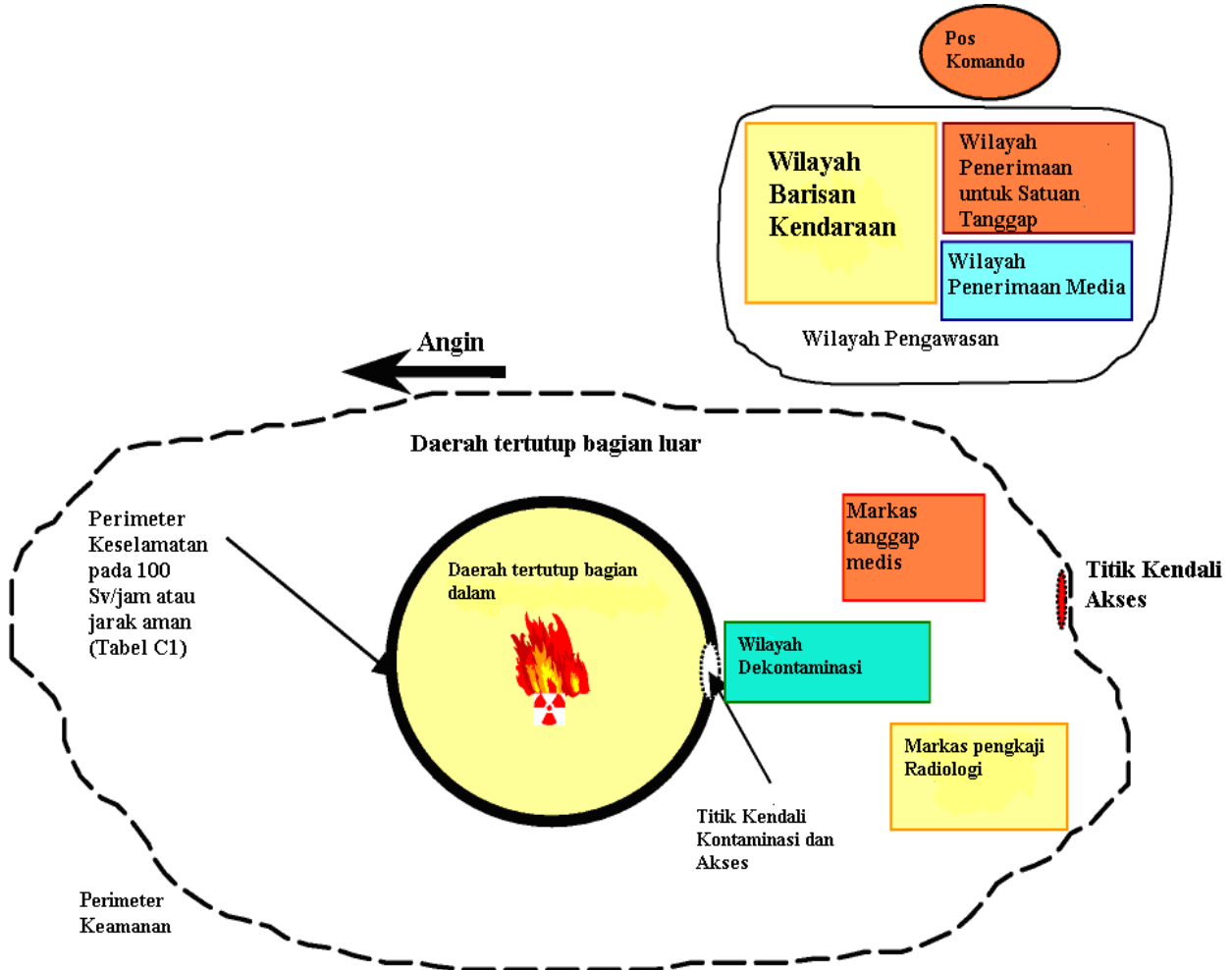
Bentuk perimeter keamanan diluar perimeter keselamatan untuk mencegah publik mencampuri tanggap darurat.

3. Kendalikan akses dan keluarnya dari wilayah yang dilingkari/dibatasi menggunakan prosedur baku.

### CATATAN

Metode terbaik untuk mengendalikan akses dan keluar tempat ialah menggunakan tameng/penghalang fisik. Penempatan penghalang akan mempertimbangkan kondisi lokal dan sejauh mana paparan dapat dikurangi, Akses dan keluar dari wilayah yang dibatasi harus dibuat melalui titik periksa yang telah dibentuk, Titik periksa ini harus berperan sebagai titik temu untuk petugas kedaruratan, juga stasium kendali radiologi.

4. Rekam nama nama dan alamat dari semua orang yang terlibat dalam kecelakaan atau kebetulan dekat dengan tempat kecelakaan. Jika ada kontaminasi yang dicurigai , pindahkan orang tsb dalam wilayah yang pisahkan sampai pengkaji radiologi dapat memantau mereka.



Catatan:

- i. Denah mempertimbangkan kebutuhan akan tanggap skala penuh pada kecelakaan yang mempunyai bahaya kesehatan yang besar atau ancaman keamanan. Dalam kecelakaan kecil denah ini dapat diadaptasi untuk tanggap yang lebih terbatas.
- ii. Pada titik kendali akses kontaminasi , pembacaan latar belakang pada pemantauan kontaminasi harus cukup rendah untuk batas deteksi yang cocok

Gambar C1. Contoh Denah perimeter keselamatan dan keamanan.

5. Lakukan pemeriksaan kontaminasi perlengkapan dan personal gunakan prosedur dalam Ref. [6] atau meminta bantuan dari pengkaji radiologi.

**WASPADA**

JANGAN meninggalkan tempat kecelakaan tanpa diperiksa untuk kemungkinan kontaminasi personal. JANGAN mengambil perlengkapan apapun keluar dari tempat kejadian sebelum diperiksa untuk kemungkinan kontaminasi.

### 3.3. Prosedur Tanggap Pemadam Kebakaran

#### Tujuan

Menyediakan pedoman untuk tanggap Pemadam Kebakaran dibawah kondisi radiologi

#### Pembahasan

Prosedur ini ditujukan untuk Pemadam Kebakaran, dalam peranannya, pemadam kebakaran biasanya menjadi pihak yang menanggapi kecelakaan yang melibatkan kebakaran dan bahan berbahaya. Sumber Radiasi mewakili salah satu zat berbahaya tersebut. Maka dari itu, Teknik dan prosedur untuk menanggapi tumpahan atau kebakaran yang melibatkan bahan radioaktif sama pentingnya untuk menanggapi bahan berbahaya lainnya. Bagaimanapun, pertimbangan dan kewaspadaan tambahan harus dilakukan ketika menanggapi kecelakaan dengan sumber radiasi atau bahan radioaktif.

Jika pemadam kebakaran ialah pihak pertama menjadi satuan tanggap mereka mungkin perlu melaksanakan beberapa tugas sama seperti polisi.

#### WASPADA

Pada banyak fasilitas, bahaya radiasi merupakan salah satu bahaya lainnya yang ada contohnya: kimiawi, biologi, dll, yang Pemadam Kebakaran perlu sadar dan mempertimbangkan rencana kedaruratannya. Dalam kebanyakan kasus bahaya non –radiologi akan mendominasi, tetapi terdapat beberapa sumber radioaktif yang dapat memberikan dosis radiasi mematikan dalam periode pendek contohnya sumber irradiasi dan *teletherapy*. Tanggung jawab pada fasilitas seperti itu harus dilaksanakan oleh petugas keselamatan radiasi atau pengguna yang berwenang.

#### Input

- Notifikasi kecelakaan
- Situasi ditempat kejadian

#### Output

- Tindakan tanggap di tempat kejadian

#### Langkah – langkah

1. Kalau anda yang pertama tiba di tempat kejadian terimalah peranan sebagai *controller* kejadian sampai pulih. Ikuti Prosedur 3.1. Jika tidak, dapatkan briefing oleh *controller* kejadian.
2. Jika anda memiliki dosimeter, kenakan. Kenakan pakaian perlindungan sebagaimana dipersyaratkan.

#### CATATAN

Persyaratan pakaian pelindung akan biasanya ditentukan oleh bahaya konvensional. Dalam kasus uap atau asap gunakan topeng pelindung atau peralatan pernapasan

- Gunakan teknik pemadam kebakaran dan kendali tumpahan yang baku. Coba untuk meminimasi menyebarnya kontaminasi yang mungkin.

### CATATAN

Lembaran plastik atau tarpaulins dapat digunakan untuk menutup bahan yang luput/longgar untuk membantu meminimasi dispersinya.

Air yang tercecer dari upaya pemadam kebakaran yang ada atau kebocoran dari kontainer atau bungkusan yang rusak harus ditahan dalam wilayah yang dibatasi dengan menegakkan tanggul temporer menggunakan sekop atau alat alat yang tersedia lainnya.

Dalam Kasus:	Gunakan :
Kebakaran kecil	Kimiawi kering, CO <sub>2</sub> , semprotan air atau busa biasa
Kebakaran besar	Semprotan air, kabut (uap air, dalam jumlah banyak)
Tumpahan cairan kecil	Pasir, Tanah atau bahan absorbso non combustible untuk menutup dan menyedot tumpahan.
Tumpahan besar	Tanggul dibawah daratan untuk menampung air

### WASPADA

Jangan jalan atau menyentuh kepada bahan yang terkena tumpahan. Hindari inhalasi uap, asap, aor, bahkan jika tidak ada bahan bahaya yang diketahui terlibat. Jangan mengasumsikan bahwa gas atau uap tidak berbahaya dikarekan kurang bau – gas atau uap yang tidak berbau dapat membahayakan.

Dalam kasus bahan bakar bekas didalam kebakaran, semprotkan pendingin dengan botol bahan bakar air.

- Jangan memindahkan kontainer yang rusak. Coba hindari kontak langsung dengan kontainer yang rusak. Jika layak pindahkan kontainer yang tidak rusak yang ada ditempat kejadian ke wilayah aman ( jauh dari jangkauan api)
- Lakukan pemeriksaan kontaminasi perlengkapan dan personal menggunakan prosedur dalam rujukan [6] atau minta bantuan dari pengkaji radiologi.

### WASPADA

JANGAN meninggalkan tempat kecelakaan tanpa diperiksa untuk kemungkinan kontaminasi personal. JANGAN mengambil peralatan apapun atau benda apapun keluar dari tempat kejadian sebelum diperiksa untuk kemungkinan kontaminasi.

### 3.4. Prosedur Tanggap Kedaruratan Medis ditempat kejadian.

#### Tujuan

Menyediakan tanggap kedaruratan medis dibawah kondisi radiologi atau untuk tanggap pertama tiba ditempat kejadian yang harus melakukan pertolongan pertama bagi orang yang terluka.

#### Pembahasan

Prosedur ini dilakukan oleh Tanggap Medis Kedaruratan yang sangat mungkin tiba di tempat kecelakaan sesaat setelah kecelakaan. Sebelumnya, polisi, pemadam kebakaran atau petugas lain yang telah dilatih secara memadai dalam teknik dasar pertolongan pertama yang menyediakan bantuan pertama kedaruratan untuk orang-orang yang terluka. Paparan radiasi atau kontaminasi dengan bahan radioaktif tidak menyebabkan tanda-tanda yang cepat atau gejala dan maka dari itu jika korban kecelakaan pingsan, disorientasi, terbakar, atau stress cari penyebab selain radiasi. Lihat tambahan II untuk informasi yang lebih rinci berkenaan kesiapsiagaan medis dan tanggap.

#### Input

- Pemberitahuan kecelakaan
- Situasi ditempat kejadian

#### Output

- Tindakan tanggap di tempat kejadian

#### Langkah – Langkah

1. Kalau anda yang pertama tiba di tempat kejadian terimalah peranan sebagai *controller* kejadian sampai pulih. Ikuti Prosedur 3.1. Jika tidak, dapatkan briefing oleh *controller* kejadian.
2. Jika anda memiliki dosimeter, kenakan. Kenakan pakaian perlindungan sebagaimana dipersyaratkan.
3. Lakukan pencarian dan pertolongan terhadap orang yang terluka secepatnya. Kaji dan rawat luka yang parah segera. Lakukan perawatan kedaruratan secara rutin selama prosedur pemulihan. Pindahkan orang yang terluka dari wilayah bahaya secepatnya. Jika perlu, minta pertolongan medis tambahan.
4. Lakukan *triage* radiologi dan isolasi orang-orang yang terkontaminasi. Pindahkan semua pakaian yang terkontaminasi kecuali adanya kontraindikasi medis. Isolasikan ( ke dalam tas dan amanakan) baju, sepatu, dan benda pribadi. Tutupi luka dengan pakaian steril dan siapkan orang yang terluka untuk diantarkan ke rumah - sakit. Pengantaran dalam cara yang cocok untuk mencegah kontaminasi yang lebih jauh terhadap pasien, rumah sakit, dan orang yang menyertainya.

## **Catatan**

Klasifikasi yang mudah dari kasus-kasus dapat sebagai berikut ( untuk detail lihat Tambahan II):

- (a) individu dengan tanda paparan radiasi dan luka lainnya dan/atau terbakar; pasien pasien harus diantar mendesak ke rumah sakit khusus setelah perawatan medis yang sesuai
- (b) individu tanpa tanda paparan radiasi tetapi dengan kombinasi luka dan/atau terbakar; pasien harus dibawa ke rumah sakit khusus dimana perawatan medis dapat diadaptasi ke tipe patologi.
- (c) Individu dengan gejala radiasi potensial; pasien tidak membutuhkan perawatan medis segera tetapi mensyaratkan evaluasi mendesak terhadap tingkat dosis.
- (d) Individu yang tidak terluka, terkontaminasi atau kemungkinan terkontaminasi; individu ini perlu dipantau untuk mengkaji derajat kontaminasi jika ada.
- (e) Individu yang diyakini bebas dari luka dan paparan radiasi; pasien biasanya dikirim kerumah/tempat tinggalnya. Kadang – kadang tindak lanjut medis harus disediakan untuk memastikan kajian pertama benar dan untuk mengevaluasi dosis lebih akurat.

Waspada agar tidak menyebar kontaminasi:

- i. Pindahkan tempat tidur ambulance ke sisi bersih dari lini kendali kontaminasi dan buka lembaran bersih atau selimut di tempat tidur.
- ii. Tempatkan pasien pada tempat tidur yang terlindungi dan lipat lembaran atau selimuti pasien untuk membantu pengendalian kontaminasi. Jangan membungkus orang-orang terluka dalam plastik karena dapat menyebabkan hyperthermia.
- iii. Jika orang yang terluka dibungkus secara layak dalam lembaran atau selimut tidak perlu menutupi dalamnya ambulance walaupun akan berguna jika lantai ditutupi plastik.

5. Hubungi polisi untuk mendapatkan nama dan alamat dari penduduk yang terlibat untuk wawancara lebih lanjut.

6. Informasikan rumahsakit penerima tentang sifat luka konvensional dan paparan yang dicurigai atau diketahui atau kontaminasi dengan bahan radioaktif. Identifikasi bahan radioaktif jika diketahui.

7. Lakukan pemeriksaan kontaminasi perlengkapan dan personal menggunakan prosedur dalam referensi [6] atau minta bantuan dari pengkaji radiologi.

## **WASPADA**

Ketika kondisi medis tidak mensyaratkan hospitalisasi mendesak. **JANGAN** meninggalkan tempat kejadian tanpa diperiksa untuk kontaminasi personal yang mungkin. **JANGAN** mengambil perlengkapan apapun keluar tempat kejadian sebelum diperiksa untuk kontaminasi yang mungkin. Jika anda harus meninggalkan tempat kejadian secara cepat maka prosedur kendali kontaminasi harus dikerjakan sewajarnya

## **CATATAN**

Dibawah kondisi kerja yang bahaya (panas, kebakaran, asap, dll) , terdapat keperluan untuk memeriksa kondisi medis tanggap darurat untuk kesehatan jasmani (denyut jantung, temperatur, tekanan darah, dll) pada saat sebelum dan sesudah memasuki tempat kejadian.

### 3.5. Prosedur Tanggap Awal oleh Satuan Tanggap Fasilitas

#### Tujuan

Untuk menyediakan pedoman berkenaan tanggap awal dalam kasus kecelakaan di fasilitas dan tentang koordinasi tanggap dengan satuan tanggap kedaruratan *off-site*

#### Pembahasan

Prosedur ini dilakukan oleh Satuan Tanggap Fasilitas. Kecelakaan akan sering ditemukan oleh pengguna dan ditangani oleh organisasi kedaruratan *on-site*. Staf fasilitas perlu mendukung dan bekerja berkolaborasi dengan satuan tanggap kedaruratan *off-site*, jika:

- i. konsekuensi kecelakaan keluar fasilitas; atau
- ii. sumber daya fasilitas tidak cukup untuk menangani kedaruratan; atau
- iii. kecelakaan dilaporkan oleh seseorang diluar staf fasilitas dan melibatkan satuan tanggap *off-site*.

#### Input

- Situasi di tempat kejadian

#### Output

- Tindakan tanggap awal
- Minta bantuan (jika diperlukan)
- Dukungan kepada satuan tanggap kedaruratan *off-site* (jika ada)

#### Pendekatan Umum

#### Langkah – Langkah

1. Siapsiagakan pengkaji radiologi fasilitas (jika ada) dan manajemen fasilitas (manajer kedaruratan)
2. Jika petugas terlibat dalam kecelakaan kelihatannya terluka gunakan metode baku untuk bantuan pertolongan pertama (jika mampu). **JANGAN MENUNDA TINDAKAN PENYELAMATAN DIKARENAKAN KEBERADAAN RADIASI !**. Pindahkan orang-orang terluka dari wilayah bahaya secepatnya.

Kukung dan mitigasi bahaya sebanyak mungkin

3.1. Isolasi dan amankan wilayah kecelakaan (batasi wilayah) dan pastikan keselamatan orang dan lingkungan. Gunakan tabel C1 untuk menentukan jarak aman kira-kira dari sumber. Matikan sistem ventilasi jika dapat diterapkan.

3.2. Jika sumber daya pengkajian radiologi tersedia, mulai survey ke daerah terkena dampak. Bentuk perimeter keselamatan pada 100  $\mu\text{Sv/h}$ . Tidak mendekati wilayah jika dosis melebihi 10  $\text{mSv/h}$  kecuali untuk penyelamatan dan/atau pencegahan berkembangnya situasi ke bencana besar.

3.3. Evakuasi petugas non esensial dari wilayah.



3.4 Rekam nama dan alamat dari orang-orang yang terlibat di kecelakaan

3.5. Jangan meninggalkan daerah terkendali.

#### Waspada

Hindari kontak dengan sumber atau bahan radioaktif. Perlengkapan atau bahan lain yang dicurigasi terkontaminasi tidak boleh diizinkan pindah dari wilayah kecuali dilepaskan oleh pengkaji radiologi.

4. Jika tanggap kedaruratan off site dan/on-site disiapsiagakan, tetap di tempat kejadian sampai mereka datang. Laporkan ke controller kejadian pada saat tiba. Berikan briefing kepadanya berkenaan situasi dan tindakan yang diambil. Peringatkan tentang bahaya yang mungkin kepadanya.

5. Jika keahlian dan sumber daya radiologi tersedia di fasilitas, sediakan bantuan proteksi radiasi, nasehat dan perlengkapan ke satuan tanggap darurat.

6. Lakukan pemeriksaan kontaminasi perlengkapan dan personal menggunakan prosedur dalam rujukan [6] atau minta bantuan dari pengkaji radiologi.

#### **WASPADA**

JANGAN meninggalkan tempat kecelakaan tanpa diperiksa untuk kemungkinan kontaminasi personal. JANGAN mengambil peralatan apapun atau benda apapun keluar dari tempat kejadian sebelum diperiksa untuk kemungkinan kontaminasi.

#### **Mesin X – ray dan Akselerator**

7. Matikan listrik. Siapsiagakan pengkaji radiologi fasilitas (jika ada) dan manajemen fasilitas (manajer kedaruratan) sesuai dengan rencana kedaruratan yang telah ada

8. Lakukan survey radiasi untuk mengkonfirmasi bawah alat (tube) de –energized. Waspada bahwa output radiasi dapat diarahkan dalam berkas sudut yang kecil, yang bisa sulit untuk dideteksi.

9. Jangan memindahkan alat-alat sampai penyetelan rincian seperti posisi, arah berkas paparan direkam.

10. Tidak menggunakan alat sampai diuji dan diperbaiki seperlunya oleh ahli atau manufaktur yang memenuhi syarat. Tempelkan pemberitahuan pada alat berkenaan malfungsi.

### **3.6. Prosedur Pedoman Proteksi Diri.**

#### **Tujuan**

Untuk memberikan pekerja dasar perintah tentang proteksi diri.

#### **Pembahasan**

pekerja kedaruratan yang menjadi anggota tanggap termasuk petugas pengawas. Pedoman proteksi diri diberikan dalam tiga wilayah: instruksi umum, proteksi thyroid dan sebagai pedoman pekerja kedaruratan. Prosedur ini dilakukan oleh anggota tim tanggap.

#### **Input**

- Arahan pengendali kejadian
- Situasi pada kejadian

#### **Output**

- Tugas yang dikerjakan dengan selamat
- Melaporkan kembali pada pengendali kejadian.

#### **Instruksi umum**

#### **Langkah – Langkah**

1. Selalu sadar akan instruksi umum berikut ini:

##### **- INSTRUKSI UMUM**

- Selalu sadar akan bahaya yang anda hadapi dilapangan dan ambil langkah kewaspadaan.
- JANGAN PERNAH mencoba untuk kelapangan tanpa peralatan keselamatan. Selalu mengetahui untuk menggunakannya.
- Semua aktivitas HARUS dikerjakan untuk mempertahankan ALARA.
- SADAR akan tingkat balik. Pekerja kedaruratan mengembalikan dosis untuk dijadikan pedoman dan tidak membatasi. Penilaian digunakan untuk aplikasi mereka.
- TIDAK disekitar wilayah dimana laju dosis 1 mSv/h atau lebih
- BERHATI HATI memasuki daerah yang laju dosisnya melebihi 10 mSv/h
- Anda TIDAK memasuki wilayah yang laju dosisnya melebihi 100 mSv/h kecuali diarahkan oleh pengkaji radiologi
- GUNAKAN waktu, jarak, dan periksa untuk melindungi diri anda.
- RENCANAKAN LEBIH DAHULU ketika memasuki wilayah dengan laju dosis tinggi bersamaan dengan pengawas anda.
- TIDAK mengambil resiko yang tidak perlu. TIDAK makan, minum, atau merokok didaerah kontaminasi
- KETIKA dalam keraguan carilah nasehat dari ketua tim anda atau koordinator

## ***Proteksi Thyroid***

### **CATATAN**

Bagian kecil dari kecelakaan dapat melibatkan lepasnya iodine radioactive. Dalam kasus seperti itu thyroid ialah orang yang beriko dan tablet iodine yang stabil dapat digunakan untuk menghambat masuknya iodine radioaktif.

2. Ambil tablet iodine stabil ketika diperintahkan oleh pengendali lapangan/pengawas anda (disini diasumsikan tablet tersebut di alat bantu )
3. Catat fakta bahwa anda telah mengambil tablet didalam formulir rekaman dosis pribadi anda (Lembar kerja D1)

## ***Pedoman Petugas kedaruratan turn back***

### **CATATAN**

Pedoman pekerja kedaruratan *turn back* diberikan pada dosis eksternal yang terintegrasi pada dosimeter pribadi. Nilai telah dihitung untuk mempertimbangkan dosis inhalasi. Anda harus berusaha untuk tidak melebihi nilai ini; bagaimanapun, dosis pekerja kedaruratan yang kembali dijadikan pedoman dan tidak membatasi.

4. Pastikan bahwa anda mengerti sepenuhnya tugas dan prosedur proteksi radiasi yang diikuti.
5. Usahakan tidak melebihi pedoman dosis *turn back* yang diberikan oleh pengendali kejadian.
6. Laporkan kembali pada pengendali kejadian ketika tugas diselesaikan dan berikan keterangan kesulitan yang dihadapi.

## **BAB IV TANGGAP RADIOLOGI**

### **4.1. Prosedur Mengatur Tanggap Radiologi.**

#### **Tujuan**

Untuk menyediakan pedoman pada penilaian situasi radiologi, pada rekomendasi tindakan perlindungan yang cocok, pemulihan sumber dan operasi pembersihan awal.

#### **Pembahasan**

Ketika diaktivasi dalam tanggap pada kedaruratan, pengkaji radiologi akan mengevaluasi bahaya radiologi atau resiko yang berhubungan dengan hilangnya atau penemuan sumber atau bahan yang terkontaminasi atau konsekuensi dari fasilitas atau kecelakaan transportasi yang melibatkan bahan radioaktif. Pengkaji radiology dapat dipanggil untuk merekomendasi tindakan perlindungan yang sesuai juga langkah yang perlu untuk mitigasi bahaya, termasuk pemulihan dan pembuangan bahan radioaktif.

Cakupan pengkaji radiologi mampu secara efektif memberi nasehat pada manager kedaruratan tentang aspek radiology dari situasi tergantung sepenuhnya pada ketersediaan informasi yang luas dan akurat. Prosedur ini memberikan langkah dasar yang harus diikuti setelah kedaruratan yang sebenarnya atau yang potensial telah dilaporkan, yang akan memungkinkan pengkaji radiology untuk menilai situasi radiology, merekomendasikan tindakan perlindungan yang cocok dan mengambil langkah untuk memulihkan sumber. Penyimpanan data (data bank) sangat penting. Tindakan tanggap radiology yang diambil harus selayaknya didaftarkan dan disimpan. Informasi ini nanti dapat digunakan untuk pelajaran atau untuk argumentasi legal. Prosedur ini dilakukan oleh pengkaji radiologi.

#### **CATATAN**

Gunakan prosedur yang sudah diadaptasi dari prosedur umum untuk pengawasan dalam kedaruratan nuklir atau radiologi [6] untuk pengawasan sumber/lingkungan, petugas dan peralatan

#### **Input**

- Pemberitahuan kecelakaan atau situasi kedaruratan (Lembar kerja A1)
- Briefing oleh satuan tanggap, manager kedaruratan , atau pengendali kejadian.
- Status/situasi sekarang pada kejadian\
- Identifikasi bahaya radiasi yang aktual atau potensial.

#### **Output**

- Analisa bahaya/resiko
- Rekomendasi tindakan perlindung untuk Publio dan pekerja kedaruratan
- Nasehat untuk manajemen kejadian
- Pertimbangan tentang strategi pemulihan dan pembersihan awal

## **Pada saat pemberitahuan**

### Langkah – langkah

1. Raihlah keterangan mengenai situasi radiologi (status/situasi yang berjalan pada tempat kejadian) oleh satuan tanggap, manajer radiologi, atau pengendali kejadian.
2. Gunakan Formulir Pendaftaran Kecelakaan (Lembar Kerja A1) dan data resiko (Tabel D5) lakukan evaluasi awal situasi radiology pada kejadian.
3. Bentuk komunikasi dengan manajer kedaruratan dan pengendali kejadian. Rekomendasi pada manajer kedaruratan atau pengendali kejadian (jika manajer kedaruratan tidak dapat dihubungi) mengenai tindakan perlindungan dan langkah untuk kewaspadaan terhadap penyebaran kontaminasi yang mungkin.
4. Persiapkan instrumen pengukur dan peralatan perlindungan diri yang diperlukan sesuai dengan sifat bahaya yang dihadapi (lihat Tambahan III dan Tabel III 1)
5. Berdasarkan evaluasi situasi radiologi putuskan tindakan perlindungan diri yang diperlukan menggunakan tabel D3 atau D4.
6. Perintahkan tim tanggap mengenai perlindungan diri. Adakan briefing lebih lanjut untuk memberikan peruntaj baru (jika perlu). Beritahu manajer kedaruratan.
7. Bentuk kendali paparan untuk pekerja kedaruratan. Gunakan Catatan Kendali Paparan (Lembar Kerja D1) untuk setiap pekerja kedaruratan (termasuk anda sendiri)

## **CATATAN**

Dalam beberapa kasus pekerja kedaruratan sudah dilibatkan dalam kecelakaan itu sendiri, contohnya radiographer industri yang menemukan sumber yang stuck dalam posisi yang terpapar yang dapat melibatkan pemulihan sumber karena pengetahuannya mengenai peralatan. Dalam kasus seperti itu dosimeter personal yang ia gunakan selama kecelakaan harus diganti dengan yang baru. Ini akan memungkinkan dosis yang berhubungan dengan kecelakaan dan pemulihan sumber diidentifikasi secara terpisah.

8. Jika diperlukan aktivasikan tim-tim pengkaji radiologi. Beritahukan tim ini mengenai situasi radiologi yang berjalan, tindakan perlindungan pekerja kedaruratan dan pedoman turnback. Dengan hati – hati jelaskan tugas tugas menggunakan tabel D2 sebagai pedoman. Bentuk tim tim pada tempat kejadian.  
Adakan *briefing* berkala untuk mendiskusikan prioritas penilaian.

## **Ditempat kejadian**

9. Pada saat kedatangan, lapor ke pengendali kecelakaan. Kalau anda pertama di tempat itu, asumsikan tugas pengendali kecelakaan sampai pulih. Ikuti prosedur untuk pengendali kejadian (Prosedur 3.1)
10. Dekati tempat kejadian secara hati hati dengan peralatan dinyalakan. Kecuali sumber atau pembungkus dipastikan kokoh, asumsikan bahwa adanya kontaminasi dan awasi tingkat kontaminasi tanah menggunakan pengukur kontaminasi yang cocok. Survey keseluruhan parameter. Jika kontaminasi dideteksi, atau jika laju dosis eksternal lebih besar dari 10  $\mu\text{Sv/h}$  diluar perimeter keselamatan, rekomendasikan pada pengendali kejadian bahwa perimeter keselamatan harus disesuaikan.

11. Nilai bahaya radiologi berdasarkan pengukuran. Evaluasi kebutuhan untuk tindakan perlindungan secepatnya (contoh: evakuasi) untuk publik menggunakan Tabel D1.

**TABEL D1 TINGKAT INTERVENSI OPERASIONAL (OIL) DALAM KEDARURATAN RADIOLOGI BERDASARKAN PENGUKURAN LAJU DOSIS SEKITAR DARI RADIONUKLIDA GAMMA.**

Kondisi paparan besar	OIL	Tindakan Utama
Radiasi eksternal dari titik sumber.	100 $\mu\text{Sv/h}$	Isolasi daerah Rekomendasikan evakuasi di wilayah kordon. Kendali akses dan egress
Radiasi eksternal dari kontaminasi tanah di wilayah kecil atau dalam kasus yang bukan evakuasi kacau.	100 $\mu\text{Sv/h}$	Isolasi daerah Rekomendasikan evakuasi di wilayah kordon. Kendali akses dan egress
Radiasi eksternal dari kontaminasi tanah di wilayah besar atau dalam kasus yang bukan evakuasi kacau.	1 mSv/h	Rekomendasikan evakuasi atau perlindungan substansial
Radiasi eksternal dari kontaminasi udara dengan radionuklida yang tidak diketahui.	1 $\mu\text{Sv/h}$	Isolasi daerah (jika mungkin). Rekomendasikan evakuasi dari wilayah kordon atau <i>downwind</i> dalam kasus wilayah terbuka.

12. Bentuk dan awasi akses dan titik kendali kontaminasi sedekat mungkin ke perimeter keselamatan, upwind, didalam perimeter keamanan (lihat gambar C1) dimana laju dosis sekitar dekat dengan latar belakang. Jika untuk alasan tertentu tingkat radiasi di titik kendali kontaminasi meningkat keatas 10  $\mu\text{Sv/h}$ , pindahkan titik kendali kontaminasi ke lokasi *upwind* lain didalam perimeter keamanan dimana tingkat dekat dengan latar belakang atau paling sedikit rendah untuk menimbulkan batasan deteksi. Meminta pengendali kejadian untuk meningkatkan perimeter keamanan jika adanya ruangan yang dibutuhkan lagi.

13. Jika diperlukan bentuk wilayah di dalam perimeter keamanan untuk dekontaminasi dan pembuangan dari benda dan baju yang terkontaminasi.

#### CATATAN

Benda yang terkontaminasi perlu di beri label dan dicatat (lihat Prosedur 4.3)

14. Jika kontaminasi udara dicurigai, ambil sampel udara dan evaluasi menggunakan prosedur yang sesuai dalam Rujukan [6]

15. Pastikan peralatan pernapasan digunakan, jika sesuai. Dalam kasus penyebaran iodine radioaktif diudara buat keputusan mengenai obat penghambat thyroid.

#### CATATAN

Untuk melindungi dari terhirupnya iodine radioaktif, dosis tunggal iodine umumnya memadai, sebagaimana ia memberikan perlindungan untuk satu hari. Resiko yang berhubungan dengan administrasi iodine stabil dalam dosis tunggal sangat kecil. Dalam kasus pelepasan yang berkepanjangan, bagaimanapun, dosis yang berulang dapat diindikasikan

#### PERHATIAN

Agar iodine prophylaxis efektif dosis harus dibagikan sebelum paparan atau dalam beberapa jam (sekitar empat jam) paparan. Pembagian iodine stabil lebih dari 8 jam setelah paparan tidak efektif. Penggunaan iodine stabil oleh pekerja kedaruratan tidak meninggalkan kebutuhan untuk menggunakan perlindungan pernapasan (menggunakan charcoal canister) ketika memasuki daerah yang konsentrasi iodinenya meningkat diudara.

16. Awasi implementasi dari tindakan perlindungan dan kendali paparan. Gunakan tabel D2 sebagai pedoman untuk melaksanakan atau mengatur pengawasan radiologi. Menilai ulang tindakan perlindungan dan bertindak sesuainya.

17. Secara terus menerus menyediakan bantuan perlindungan radiasi kepada tanggap darurat yang harus memasuki perimeter keselamatan, termasuk:

- i. Pengajuan/pengadaan pedoman pekerja darurat turn back
- ii. Nasehat mengenai peralatan perlindungan diri yang dibutuhkan.
- iii. Dukungan pada tanggap medis kedaruratan untuk luka transportasi, sesuai yang dibutuhkan.
- iv. Kendali kontaminasi dan dekontaminasi

18. Ketika penyebab utama kedaruratan dibawah kendali DAN sumber dikukung/ditempatkan, DAN semua kontaminasi ditampung, pertimbangkan kebutuhan untuk:

Tugas – tugas	Ikuti Prosedur
Pemulihan tempat kejadian/pembuangan bahan radioaktif	4.2.
Dekontaminasi orang dan peralatan	4.3.
Pembersihan awal tempat dan pembuangan limbah radioaktif	4.4.

#### **Kegiatan – kegiatan setelah kecelakaan**

19. Buat penilaian dosis untuk korban (jika ada), pekerja kedaruratan dan publik (jika ada) menggunakan prosedur dalam BAB V.

20. Nilai kebutuhan untuk tindakan perlindungan jangka panjang.

21. Persiapkan laporan untuk manager kedaruratan. Tekan pelajaran yang dapat diambil dan buat rekomendasi untuk memutakhirkan rencana kedaruratan dan perancangan lain (jika ada).

**TABEL D2. PEDOMAN TENTANG PENGAWASAN**

Tipe kecelakaan	Pengawasan	Tujuan
Sumber hilang, salah tempat, dicuri	1. Pengawasan sumber dengan jalan kaki, kendaraan atau pesawat	i. Untuk mengidentifikasi lokasi sumber
Found source or contamination Ditemukan sumber atau kontaminasi	1. pengawasan sumber 2. survey kontaminasi 3. spektrometri gamma ditempat. 4. Analisa sampel dan laboratorium. 5. Pengawasan diri	i. untuk membentuk perimeter keamanan dan keselamatan. ii. melaksanakan tindakan perlindungan secepatnya. iii. mengidentifikasi sumber atau kontaminasi. iv. menentukan wilayah dan/atau benda yang terkontaminasi. v. mengendalikan paparan diri dan kontaminasi. vi. merencanakan operasi pemulihan dan pembersihan.
Sumber yang disegel tidak diperisai	1. Pengawasan sumber 2. pemeriksaan kontaminasi 3. pengawasan diri	i. membuat perimeter keamanan dan keselamatan. ii. implementasi tindakan perlindungan secepatnya. iii. memeriksa kemungkinan adanya permukaan dan/atau benda yang terkontaminasi. iv. mengendalikan paparan diri. v. merencanakan pemulihan sumber.
Sumber disegel yang rusak	1. Pengawasan sumber 2. pemeriksaan kontaminasi 3. pengawasan diri	i. untuk membentuk perimeter keamanan dan keselamatan. ii. melaksanakan tindakan perlindungan secepatnya. iii. mengidentifikasi sumber atau kontaminasi. iv. menentukan wilayah dan/atau benda yang terkontaminasi. v. mengendalikan paparan diri dan kontaminasi. vi. merencanakan operasi pemulihan dan pembersihan



Tipe kecelakaan	Pengawasan	Tujuan
Kecelakaan sumber yang tidak disegel	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sampling udara.</li> <li>2. Gross alfa dan beta di udara</li> <li>3. Pengawasan sumber</li> <li>4. Survey kontaminasi</li> <li>5. Pengukuran deposisi tanah</li> <li>6. Analisa sampel dan laboratorium.</li> <li>7. pengawasan diri</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>i. membentuk perimeter keselamatan dan keamanan</li> <li>ii. implementasi tindakan perlindungan secepatnya.</li> <li>iii. menentukan kontaminasi udara.</li> <li>iv. menentukan wilayah dan/atau benda terkontaminasi.</li> <li>v. mengendalikan paparan diri dan kontaminasi</li> <li>vi. merencanakan operasi pemulihan dan pembersihan</li> </ol>
Penyebaran emisi alfa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengawasan sumber</li> <li>2. Survey Kontaminasi</li> <li>3. Pengukuran deposisi tanah</li> <li>4. Sampling lapangan dan analisa radiokimia.</li> <li>5. Pengawasan diri</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>i. mengimplementasi tindakan perlindungan secepatnya.</li> <li>ii. menentukan kontaminasi udara.</li> <li>iii. menentukan wilayah dan/atau benda yang terkontaminasi.</li> <li>iv. mengendalikan kontaminasi diri</li> <li>v. merencanakan operasi pemulihan dan pembersihan.</li> <li>vi. merencanakan kegiatan setelah kecelakaan (tindak lanjut) dan tindakan perlindungan jangka panjang.</li> </ol>
Jatuhnya/masuk kembali satelit bertenaga nuklir	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengawasan sumber oleh survey udara.</li> <li>2. Pengawasan kontaminasi oleh survey udara</li> <li>3. pengawasan sumber</li> <li>4. Survey kontaminasi</li> <li>5. Sampling lapangan dan analisa laboratorium.</li> <li>6. Pengawasan diri.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>i. Menentukan lokasi puing puing</li> <li>ii. Mengimplementasikan tindakan perlindungan secepatnya.</li> <li>iii. menentukan wilayah dan/atau benda yang terkontaminasi.</li> <li>iv. mengendalikan kontaminasi diri.</li> <li>v. merencanakan operasi pemulihan dan pembersihan.</li> <li>vi. merencanakan kegiatan setelah kecelakaan (tindak lanjut) dan tindakan perlindungan jangka panjang.</li> </ol>

Tipe kecelakaan	Pengawasan	Tujuan
Dampak antar batas Negara	1. Survey Plume 2. Pengukuran deposisi tanah. 3. Spektrometri gamma ditempat 4. Sampling lapangan dan analisa laboratorium. 5. Dosimetri Lingkungan 6. Pengawasan kontaminasi oleh survey udara. 7. Pengawasan diri	i. mengimplementasi tindakan perlindungan. ii. menentukan kontaminasi tanah. iii. mengidentifikasi campuran isotop. iv. menentukan kontaminasi makanan dan air minum. v. mengkaji dosis pada public. vi. merencanakan tindakan lanjut dan tindakan perlindungan jangka panjang.

CATATAN: Gunakan prosedur pengawasan dalam referensi .[6].

TABEL D3. PEDOMAN DOSIS TOTAL EFEKTIF IAEA UNTUK PEKERJA KEDARURATAN.

Tugas – tugas	Pedoman dosis efektif total [mSv]
Tipe 1: Tindakan penyelamatan	500 <sup>a</sup>
Tipe 2: Mencegah luka serius. Menghindar dosis kolektif yang besar Mencegah perkembangan kondisi menghancurkan.	<100
Tipe 3: Operasi pemulihan jangka pendek. Implementasi tindakan perlindungan mendesak . Pengawasan dan sampling.	< 50
Tipe 4: Operasi pemulihan jangka panjang Pekerjaan tidak langsung berhubungan dengan kecelakaan.	Pedoman paparan posisi [2].

<sup>a</sup>. Dosis ini dapat lebih jika dijustifikasi TETAPI setiap usaha dibuat agar dosis berada dibawah tingkat ini dan dibawah ukuran untuk efek deterministic. Pekerja harus dilatih tentang proteksi radiasi dan mengerti resiko yang mereka hadapi. Mereka harus sukarela dan diperintahkan pada konsekuensi potensial dari paparan.

**TABEL D4 PEDOMAN DOSIS TURNBACK PEKERJA KEDARURATAN (EWG) KETIKA ADANYA BAHAYA PENGHIRUPAN RADIOIODINE DIEKSPRESIKAN SEBAGAI DOSIS GAMMA EXTERNAL YANG TERINTEGRASI.**

TUGAS TUGAS	EWG <sup>a</sup> [mSv]
Tipe 1: Tindakan penyelamatan kehidupan	250
Tipe 2: Mencegah luka serius Menghindar dari dosis kolektif yang besar Mencegah pengembangan kondisi kehancuran/bencana. Pengawasan laju dosis offsite sekitar (laju dosis gamma).	50
Tipe 3: Operasi pemulihan jangka pendek. Mengimplementasikan tindakan perlindungan mendesak. Sampling lingkungan.	25
Tipe 4: Operasi pemulihan jangka yang lebih panjang Pekerjaan tidak berhubungan langsung dengan kecelakaan.	Pedoman paparan posisi [2]

Referensi: [4]

<sup>a</sup> Sebagaimana mestinya bahwa penghambat thyroid dimakan sebelum paparan. Jika tidak ada penghambat thyroid EWG dibagi 5, jika perlindungan pernapasan tersedia kalikan EWG dengan 2.

#### PERHATIAN

Pedoman pekerja kedaruratan turnback diberikan sebagai dosis eksternal yang terintegrasi pada dosimeter selfreading. Nilai – nilai telah dihitung untuk mempertimbangkan dosis inhalasi dari kecelakaan lehernya inti mengasumsikan penghambat thyroid blocking telah diambil. Pekerja kedaruratan harus mengambil semua usaha yang logis untuk tidak melebihi nilai ini. Perhatikan bahwa kontaminasi kulit juga dapat menjadi sumber dosis yang dapat mengakibatkan efek kesehatan deterministic untuk pekerja pekerja dalam wilayah sangat terkontaminasi jika mereka tidak dilengkapi dengan pakaian perlindungan yang memadai. Dosis turnback pekerja kedaruratan berperan sebagai pedoman dan bukan batas. Penilaian harus digunakan dalam aplikasi mereka. Jika analisa sampel udara atau hasil kondisi lain

dalam pedoman turnback pekerja kedaruratan yang sangat berbeda dari Tabel D4, kemudian pedoman yang telah direvisi harus digunakan.

Ketika fase awal kecelakaan selesai, dosis total yang didapat (selama awal fase) harus dikonfirmasi sebelum pekerja kedaruratan diperbolehkan melaksanakan aktivitas yang dapat menghasilkan dosis tambahan.

**TABEL D5. DATA RESIKO UNTUK PRAKTEK PRAKTEK YANG BERBEDA**

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m a,b,c [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m a,b,c Melebihi 1mSv</b>
		<b>Sumber disegel yang digunakan dalam kedokteran.</b>			
Bone densitometry	Am-241	$\gamma$ (60) $\alpha$ (5486) T1/2 = 433 a	1-10 GBq	3.E-02	30 jam
	Gd – 153	$\gamma$ (97) T1/2 = 242 d	1-40 GBq	4.E-01	2 jam
	I-125	$\gamma$ (35) e (34) T1/2 = 59 d	1-10 GBq	6.E-02	20 jam
Brachytherapy manual	Cs-137	$\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e (624) T1/2 = 30 a	50-500 MBq	3.E-02	30 jam
	Ra-226	$\gamma$ (186) $\alpha$ (4784) T1/2 = 1600 a	30-300 MBq	2.E-04	200 hari
	Co-60	$\gamma$ (1173; 1333) $\beta$ (max.: 318) T1/2 = 5.3 a	50-500 MBq	1.E-01	8 Jam

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m a,b,c [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
Brachytherapy manual	Sr-90	$\beta$ (max.: 196) T1/2 = 29 a	50-1500 MBq	0	Tidak dapat diaplikasikan Tidak dapat diaplikasikan
	Pd-103	X (20) T1/2 = 17 d	50-1500 MBq	0	
	I-125	$\gamma$ (35) e (34) T1/2 = 59 d	50-1500 MBq	9.E-03	5 hari
	Ir-192	$\gamma$ (317) $\beta$ (max.: 675) e (303)	200 – 1500 MBq	1.E-01	8 jam
	Cf-252	T1/2 = 74 d $\alpha$ (6118) X (15) T1/2 = 2.6 a	50-1500 kBq	3.E-07	400 a
Remote setelah melakukan brachytherapy	Co-60	$\gamma$ (1173; 1333) $\beta$ (max.: 318) T1/2 = 5.3 a	$\pm$ 10 GBq	3.E+00	20 menit
	Cs-137	$\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) E(624) T1/2 = 30 a	0.03-10 MBq	6.E-04	70 hari

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m<sup>a,b,c</sup> [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
Remote setelah melakukan brachytherapy	Ir-192	$\gamma(317)$ $\beta$ (max.:675) e(303) T1/2 = 74 d	$\pm$ 400 GBq	3.E+01	2 menit
Teletherapy	Co-60	$\gamma(1173; 1333)$ $\beta$ (max.: 318) T1/2 = 5.3 a	50-1000 TBq	3.E+05	<1 detik
	Cs-137	$\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e(624) T1/2 = 30 a	500 TBq	3.E+04	<1 detik
Iradiasi Whole Blood	Cs-137	$\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e(624) T1/2 = 30 a	2-100 TBq	6.E+03	1 detik
		<b>Sumber yang disegel digunakan dalam Industri</b>			
Radiografi Industri	Ir-192	$\gamma(317)$ $\beta$ (max.:675) e(303) T1/2 = 74 d	0.1-5 TBq	4.E+02	9 detik

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m<sup>a,b,c</sup> [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
Radiografi Industri	Co-60  (Cs-137)  (Tm-170)	$\gamma$ (1173; 1333) $\beta$ (max.: 318) T1/2 = 5.3 a $\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e(624) T1/2 = 30 a $\gamma$ (84) $\beta$ (max.: 968) T1/2 = 129 d	0.1-5 TBq	1.E+03	3 detik
Well logging	Cs-137  Am-241/Be  (Cf-252)	$\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e(624) T1/2 = 30 a $\gamma$ (60) $\alpha$ (5486) Neutrons T1/2 = 432.2 a $\alpha$ (6118) X (15) T1/2 = 2.6 a	1-100 GBq  1-800 GBq	6.E+00  2.E+00	10 detik  20 detik



<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m<sup>a,b,c</sup> [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
Smoke detectors	Am-241  Ra-226  (Pu – 239)	$\gamma(60)$ $\alpha(5486)$ T1/2 = 432.2 a  $\gamma(186)$ $\alpha(4784)$ T1/2 = 1600a $\alpha(5157)$ $\gamma(52)$ T1/2 = 24000a	0.02-3 MBq	9.E-06	10 a
Lightning Rods	Am-241  (Ra-226)  Co-60  Eu-152/154	$\gamma(60)$ $\alpha(5486)$ T1/2 = 432.2 a $\gamma(186)$ $\alpha(4784)$ T1/2 = 1600a $\gamma(1173; 1333)$ $\beta(\text{max.: } 318)$ T1/2 = 5.3 a $\gamma(1408/1274)$ T1/2 = 13.5/8.6 a	50-500 MBq  <40 MBq  4-8 GBq  7-40 GBq	2.E-03  2.E-05  2.E+00  5.E+00	30 hari  5 a  30 menit  10 menit

Praktek Atau aplikasi	Radionuklida	Energi peluruhan waktu paruh [keV]	Aktivitas tipikal	Laju dosis pada 1 m <sup>a,b,c</sup> [mSv/h]	Waktu pada 1m <sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv
Detektor densitas/mouisture	Am-241/Be	γ(60) α(5486) Neutrons T1/2 = 432.2 a	0.1-2 GBq	6.E-03	7 hari
	Cs-137	γ (662) β (max.: 512) e(624) T1/2 = 30 a	400 MBq	2.E-02	2 hari
	(Cf-252)	α(6118) X (15) T1/2 = 2.6 a	3GBq	6.E-04	70 hari
	(Ra-226/Be)	γ(60) α(5486) Neutrons T1/2 = 432.2 a			
	Pu-239	α(5157) γ(52) T1/2 = 24000 a			
Eliminator listrik statis	Am-241	γ(60) α(5486) T1/2 = 432.2 a	1-4 GBq	1.E-02	3 hari

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m<sup>a,b,c</sup> [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
Eliminator listrik statis	Po-210  (Ra-226)  Co-60	$\alpha$ (5304) T1/2 = 138 d  $\gamma$ (186) $\alpha$ (4784) T1/2 = 1600a $\gamma$ (1173; 1333) $\beta$ (max.: 318) T1/2 = 5.3 a	1-4 GBq	4.E-06	30 a
Detektor penangkap elektron (Electron capture detector)	Ni-63  H-3	$\beta$ (max.:67) T1/2 = 100 a  T1/2= 12 a	200 – 500 MBq  1 – 10 GBq	0  0	
X ray fluorescence analyser	Fe-55  Cd-109  (Pu-238)	X (6) T1/2 = 2.7 $\gamma$ (88) T1/2 = 463 d $\alpha$ (5499) $\gamma$ (84) T1/2= 88a	0.1 – 5 GBq  1-8 GBq	2.E-03  1.E+00	30 hari  50 menit

Praktek Atau aplikasi	Radionuklida	Energi peluruhan waktu paruh [keV]	Aktivitas tipikal	Laju dosis pada 1 m <sup>a,b,c</sup> [mSv/h]	Waktu pada 1m <sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv
X ray fluorescence analyser	Am-241  (Co-57)	$\gamma(60)$ $\alpha(5486)$ T1/2 = 432.2 a  $\gamma(122)$ T1/2 = 272 d			
Sterilisasi dan pengawetan makanan	Co-60	$\gamma(1173; 1333)$ $\beta(\text{max.}: 318)$ T1/2 = 5.3 a	0.1 – 400 PBq	1.E+08	< 1 detik
	Cs-137	$\gamma(662)$ $\beta(\text{max.}: 512)$ e(624) T1/2 = 30 a	0.1 – 400 PBq	2.E+07	< 1 detik
Fasilitas kalibrasi (Calibration facility)	Co-60	$\gamma(1173; 1333)$ $\beta(\text{max.}: 318)$ T1/2 = 5.3 a	1–100 TBq	3.E+04	< 1 detik
	Cs-137	$\gamma(662)$ $\beta(\text{max.}: 512)$ e(624) T1/2 = 30 a	1–100 TBq	6.E+03	< 1 detik

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m<sup>a,b,c</sup> [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
Level gauge	Cs-137	$\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e(624) T <sub>1/2</sub> = 30 a	0.1–20 GBq	1.E+00	50 menit
	Co-60	$\gamma$ (1173; 1333) $\beta$ (max.: 318) T <sub>1/2</sub> = 5.3 a	0.1–10 GBq	3.E+00	20 menit
	(Am-241)	$\gamma$ (60) $\alpha$ (5486) T <sub>1/2</sub> = 432.2 a	4 GBq	1.E-02	3 hari
Thickness gauge/gauge ketebalan	Cs-137	$\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e(624) T <sub>1/2</sub> = 30 a	1 TBq	6.E+01	1 menit
	Kr-85	$\beta$ (max.: 687) T <sub>1/2</sub> = 10.8 a	0.1–50 GBq	1.E-02	4 hari
	Sr-90	$\beta$ (max.: 546) T <sub>1/2</sub> = 29 a	0.1–4 GBq	0	
	(Pm-147)	$\beta$ (max.: 225) T <sub>1/2</sub> = 2.6 a	40 GBq	1.E-05	10 a

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m<sup>a,b,c</sup> [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
Thickness gauge/gauge ketebalan	Tl-204  (C-14)  (Am-241)	$\gamma(69)$ $\beta(\text{max.: } 763)$ $T_{1/2} = 3.8 \text{ a}$ $\beta(\text{max.: } 156)$ $T_{1/2} = 5730 \text{ a}$ $\gamma(60)$ $\alpha(5486)$ $T_{1/2} = 432.2 \text{ a}$	40 GBq	4.E-03	10 hari
Density gauge	Cs-137      Am-241	$\gamma(662)$ $\beta(\text{max.: } 512)$ e(624) $T_{1/2} = 30 \text{ a}$ $\gamma(60)$ $\alpha(5486)$ $T_{1/2} = 432.2 \text{ a}$	1–20 GBq     1–10 GBq	1.E+00     3.E-02	50 menit     1 hari
Conveyor gauge	Cs-137	$\gamma(662)$ $\beta(\text{max.: } 512)$ e(624) $T_{1/2} = 30 \text{ a}$	0.1–40 GBq	2.E+00	20 menit

<b>Praktek Atau aplikasi</b>	<b>Radionuklida</b>	<b>Energi peluruhan waktu paruh [keV]</b>	<b>Aktivitas tipikal</b>	<b>Laju dosis pada 1 m<sup>a,b,c</sup> [mSv/h]</b>	<b>Waktu pada 1m<sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv</b>
		<b>Sumber disegel yang digunakan dalam penelitian</b>			
Sumber kalibrasi	Banyak perbedaan		< 0.1 GBq		
Electron capture Detector/ detektor penangkap elektron	H-3  Ni-63	T1/2 = 12 a  $\beta$ (max.: 67) T1/2 = 100 a	1–50 GBq  200–500 MBq		
Iradiator	Co-60  (Cs- 137)	$\gamma$ (1173; 1333) $\beta$ (max.: 318) T1/2 = 5.3 a $\gamma$ (662) $\beta$ (max.: 512) e(624) T1/2 = 30 a	1 – 1000 TBq	3.E+05	<1detik  <1detik

Praktek Atau aplikasi	Radionuklida	Energi peluruhan waktu paruh [keV]	Aktivitas tipikal	Laju dosis pada 1 m <sup>a,b,c</sup> [mSv/h]	Waktu pada 1m <sup>a,b,c</sup> Melebihi 1mSv
Fasilitas Kalibrasi	Cs – 137	γ (662) β (max.: 512) e(624) T1/2 = 30 a γ(1173; 1333)	< 100 TBq	6.E+03	<1 detik
	Co-60	β(max.: 318) T1/2 = 5.3 a α(6118)	<100 TBq	3.E+04	<1 detik
	Cf-252	X (15) T1/2 = 2.6 a	< 10 GBq	2.E-03	20 hari
	(Am-241/Be)	γ(60) α(5486) Neutrons T1/2 = 432.2 a α(5499)			
	(Pu-238/Be)	γ(84) Neutrons T1/2 = 88a γ(186) α(4784)			
	(Ra-226/Be)	Neutron T1/2 = 1600 a			
Target Tritium	H -3	T1/2 = 12 a	1 - 10 TBq		

**Referensi : dikompilasi dari referensi referensi berbeda**

<sup>a</sup> Laju dosis gamma dikalkulasi menggunakan nilai atas aktivitas, faktor konversi CF6 dari Tabel E1 dan mengansumsi kehilangan total *shielding*. Nilai nilai dihitung dibulatkan ke 1 digit.

<sup>b</sup> Radiasi Bremstrahlung tidak dipertimbangkan, bagaimanapun dapat dipertimbangkan dalam beberapa kasus

<sup>c</sup>Waktu waktu dihitung berdasarkan kolom “laju dosis” (asumsi kehilangan total *shielding*)

**Bentuk fisik dan kimiawi dari sumber menjadi faktor penting untuk penyebaran potensial bahan radioaktif jika integritas sumber di langgar.**



**Tabel D6. Radionuklida utama yang digunakan dalam Kedokteran Nuklir dan Penelitian Biologi.**

<b>Radionuklida</b>	<b>Praktek</b>	<b>Kuantitas tipikal per aplikasi</b>	<b>Karakteristik Limbah</b>
H-3	Pengukuran klinis Penelitian Biologi Label on site	Sampai 5 MBq Sampai 50 GBq	Padat, cair, organik Organik Pelarut
C-14	Medis Penelitian Biologi Pelabelan	Kurang dari 1 Gbq Sampai 10 MBq	Padat, cair Pelarut Uap Co <sub>2</sub>
F- 18	Positron emission Tomography	Sampai 500 MBq	Padat, cair
Na-22 Na-24	Pengukuran klinis Penelitian Biologi	Sampai 50 kBq Sampai 5 GBq	Cairan encer
P-32 P-33	Terapi Klinis Penelitian Biologi	Sampai 200 MBq Sampai 50 MBq	Padat, Cair pengencer
S – 35	Pengukuran Klinis Penelitian biologis dan medis	Sampai 5 GBq	Padat, cair pengencer
Cl – 36	Penelitian Biologi	Sampai 5 MBq	Gas, Padat, Cair
Ca – 45 Ca -47	Penelitian Biologi Pengukuran klinis	Sampai 100 MBq Sampai 1 GBq	Umumnya padat Beberapa cairan
Sc – 46	Penelitian Biologi dan Medis	Sampai 500 MBq	Padat, Cairan
Cr – 51	Pengukuran Klinis Penelitian Biologi	Sampai pada 5 MBq Sampai 100 KBq	Padat Umumnya cairan encer
Co – 57 Co - 58	Pengukuran Klinis Penelitian Biologi	Sampai 5 MBq -	Padat, cairan encer
Fe – 59	Pengukuran Biologis Penelitian Biologis	Sampai 50 MBq -	Padat
Ga – 67	Pengukuran Klinis	Sampai 200 MBq	Padat, cairan pengencer
Kr – 81 m	Studi ventilasi paru paru	Sampai 2 GBq	Gas
Sr – 85	Pengukuran Klinis Penelitian Biologis	Sampai 50 MBq	Padat
Rb – 86	Penelitian Biologis & Medis	Sampai 500 MBq	Padat, cairan
Sr – 89	Terapi Klinis	Sampai 300 MBq	Padat, Cair
Y – 90	Terapi dan pengukuran Medis Penelitian Biologis & Medis	Sampai 300 MBq	Padat, Organik, Cairan

<b>Radionuklida</b>	<b>Praktek</b>	<b>Kuantitas tipikal per aplikasi</b>	<b>Karakteristik Limbah</b>
Nb – 95	Penelitian Biologi dan medis	Sampai 500 MBq	Padat, Cair
Tc – 99m	Pengukuran Klinis Penelitian Biologi Generator Nuklida	Sampai 1 GBq	Padat, Cair
In – 111	Pengukuran Klinis Penelitian Biologis	Sampai 500 MBq	Padat, Cair
I – 123	Penelitian Medis dan Biologi	Sampai 500 MBq	Padat, Cair
I -135 I – 131	Pengukuran Klinis Terapi Klinis	Sampai 500 MBq Sampai 10 GBq	Adakalanya uap
Sn – 113	Penelitian Biologis dan Medis	Sampai 500 MBq	Padat, cair
Xe – 113	Pengukuran Klinis	Sampai 400 MBq	Gas
Sm – 153	Terapi Klinis	Sampai 8 Gbq	Padat, Cair
Au – 198	Pengukuran Klinis	Sampai 500 MBq	Padat, Cair
Tl – 201	Pengukuran Klinis	200 MBq	Padat, Cair
Hg – 197 Hg – 203	Pengukuran Klinis Penelitian Biologi	Sampai 50 MBq	Padat, Cair

Referensi : dikompilasi dari referensi referensi berbeda.

## **4.2. Prosedur Pemulihan Sumber/ Pembuangan Bahan Radioaktif**

### **Tujuan**

Memberikan pedoman umum mengenai langkah dasar yang perlu untuk memulai pemulihan sumber radioaktif atau pembuangan bahan radioaktif ketika layak.

### **Pembahasan**

Terdapat banyak variabel yang dipertimbangkan dalam pemulihan sumber yang ditemukan atau mitigasi konsekuensi dari kecelakaan radiologi. Sumber yang disegel dapat mensyaratkan hanya penanganan yang sesuai untuk membatasi paparan dan pembungkusan yang layak untuk menjalankan pemulihan, ketika padat, tetapi bahan radioaktif yang tak terlindungi atau goyah mensyaratkan sumberdaya ekstensif dan jangka waktu panjang untuk memastikan tidak ada paparan. Bahan radioaktif dalam bentuk kimiawi, yaitu cairan atau bubuk mungkin sulit dipulihkan tanpa kemungkinan kontaminasi tersebar. Dalam kasus kasus seperti itu, diamna bahan tercampur dengan tanah, air atau puing puing sebagai akibat kecelakaan, dianjurkan untuk menunda pertimbangan pemulihan, dekontaminasi dan pembuangan sampai analisa menyeluruh dari situasi yang dapat dikembangkan. Sifat kecelakaan, ukuran fisik dan tingkat aktivitas dari sumber dan kesesuaian sumber daya yang tersedia merupakan faktor kunci yang harus menentukan jangkauan dan kelayakan dari aktivitas pemulihan. Jika ada juga elemen penyelundupan terlibat dalam bahan radioaktif dapat diperlihatkan untuk proses pengadilan ke depan dan dalam situasi seperti itu dapat dianggap sebagai aktivitas kriminal yang terkait dengan kecelakaan. Pembuangan akhir dari bahan radioaktif mungkin harus menunggu kesimpulan dari proses judicial atau prosekusi kriminal dan mungkin mensyaratkan perintah pengadilan sebelum akhirnya dibuang. Prosedur ini dilakukan oleh Pengkaji Radiologi.

### **Input**

- Karakterisasi kejadian
- Identifikasi dan kuantifikasi bahan radioaktif yang terlibat

### **Output**

- Definisi tindakan pencegahan keselamatan
- Inventori sumberdaya yang dipersyaratkan
- Langkah langkah pemulihan yang dirumuskan.

### **Langkah – Langkah**

1. Sebelum menentukan langkah yang mungkin untuk memulihkan sumber radioaktif atau membuang bahan yang terkontaminasi radioaktif, konfirmasi bahwa semua tindakan proteksi yang perlu telah diimplementasikan dan lokasi telah di stabilisasi dan di amankan
  - 2.1. Membahas semua informasi yang tersedia mengenai identitas, kuantitas, sifat fisik dari bahan radioaktif yang terlibat.
  - 2.2. Konfirmasi keadaan fisik bahan radioaktif ( sumber segel, cairan atau padat dalam kontainer yang dikurung, bahan dalam kontainer yang rusak atau dirusakkan, tumpahan bahan dan kemungkinan tercampur dengan bahan bahaya lain atau bahan lingkungan).

- 2.3. Untuk sumber yang disegel, tentukan apakah sumber daya loka yang tersedia memadai untuk memastikan pemulihan dan pembungkusan yang aman terhadap sumber untuk dibuang dari tempat kecelakaan.

#### **CATATAN**

Untuk situasi dimana bahan radioaktif padat, tetapi goyah dan tak terlindungi, ketetapan harus dibuat apakah sumber daya dan keahlian yang tersedia memadai membuang bahan secara aman. Kelayakan untuk mengerjakan hal itu tergantung kuantitas bahan radioaktif atau kontaminasi yang terlibat, tipe perlengkapan untuk membuang, metode untuk membungkus dan mengantarnya, dan sebelum menunjukkan lokasi penyimpanan temporer atau interim. Seringkali dalam kecelakaan transportasi, menangani bahaya radiasi dapat rumit dengan keberadaan bahan bahaya lainnya seperti kimiawi atau bahaya biologis dalam pengapalan atau bahaya muncul ke wilayah sebagai akibat kecelakaan, contoh, tumpahan solar atau bensin. Ini penting untuk mengingatkan bahwa usaha untuk membuang bahan radioaktif yang goyah atau tak terlindungi dapat menghasilkan resuspensi dan resiko tinggi paparan atau kontaminasi terhadap pekerja kedaruratan

Tentukan apakah pembuangan segera sumber atau bahan radioaktif perlu atau dianjurkan. Ketetapan yang ada untuk meneruskan mitigasi harus dibobotkan atas dasar efektivitas yang diberikan sumberdaya yang tersedia.

- 3.1. Untuk situasi dimana kontainer sumber radioaktif tetap kokoh, tentukan ukuran, bentuk dan berat kontainer untuk menentukan metode paling efektif untuk membuang dari tempat kejadian.
- 3.2. Untuk situasi dimana pengungkung rusak atau dirusak, estimasi kuantitas bahan yang mesti dibuang, termasuk puing puing yang terkontaminasi, untuk memastikan bahwa bahaya radiasi dimitigasi sepeenuh mungkin dan tapak/tempat tidak lagi mempunyai bahaya radiasi.

#### **CATATAN**

Jika tempat kejadian berpenduduk padat, melibatkan jalan raya yang sibuk, atau memiliki kerusakan serius terhadap perdagangan, usaha untuk mengeliminasi bahaya secara cepat dapat dianjurkan oleh petugas lokal. Dalam wilayah remote/jauh dimana akses ke tempat dikendalikan secara mudah, akan biasanya ada tekanan yang lebih rendah untuk memitigasi tempat kejadian secara cepat.

4. Identifikasi lokasi atau penyimpanan yang disetujui dimana bahan sumber dikirim untuk penyimpanan interim atau jangka panjang ketika bahan tsb dibuang dari kejadian. Pastikan bahwa lokasi seperti itu mampu menyediakan penyimpanan aman bahan.

Jika Sangat dianjurkan untuk mencoba pembuangan sumber radiasi, tentukan tipe perlengkapan dan sumberdaya lain yang dipersyaratkan contoh : sekop, ember, truk, barel, dll.

5.1. Tetntukan laju dosis yang diperbolehkan untuk pekerja kedaruratan yang terlibat dalam operasi pembuangan.

5.2 Memastikan apakah Alat Pelindung Diri (PPE) sesuai dengan bahaya tersedia

5.3. Pastikan ketersediaan kontainer, perisai yang layak dan lainnya untuk membungkus dan mengantarkan bahan radioaktif.

5.4. Pastikan bahwa bahan bahan dibuang dari kejadian akan dibawa ke wilayah yang telah dipersiapkan dan untuk diamankan secara layak.

6. Kaji apakah bahan yang ditampung (sumber yang disegel atau limbah dalam kontainer yang tidak dirusak) dapat dipulihkan secara aman dengan sumber daya yang ada. Minta kepada otoritas kejadian tipe perlengkapan yang siap tersedia untuk aktivitas pemulihan, yaitu . alat pemegang, perlengkapan berat, bahan perisai, barrel untuk pengemasan, dll.

#### **Catatan**

Untuk kecelakaan melibatkan bahaya campur ( bahan beracun lainnya terlepas dari sumber radioaktif), atau dimana bahan radioaktif tertumpah di tanah dan bercampur dengan puing lain atau tanah, pembuangan dan permbesihan dapat membutuhkan sejumlah besar bahan yang berpotensi terkontaminasi. Penggunaan hati hati dan pengawasan peralatan berat diperlukan untuk meminimasi resuspensi atau penyeberan kontaminasi.

Proses mitigasi yang dipilih akan sangat bergantung pada sifat lokasi bahan sumber dan wilayah sekitar. Diantara alternatifnya ialah :

- i. Buang bahan sumber dan coba untuk mendekontaminasi wilayah. Pendekatan ini layak ketika kecelakaan melibatkan bahan radioaktif tingkat rendah berkuantitas rendah, dan dimana lokasi kecelakaan mudah diakses oleh anggota masyarakat. Contoh: tumpahan radiofarmasi dalam gedung atau disekitar jalan raya atau daerah pembangunan.;
- ii. Buang bahan terkontaminasi berkonsentrasi tinggi dan segel wilayah, tinggalkan sisanya ditempat untuk meluruh. Metode ini bekerja baik ketika radionuklida yang waktu paruh pendek & menengah keluar ke wilayah yang umumnya tidak diakses publik. Contoh: kecelakaan pesawat atau transportasi di daerah terpencil/remote.
- iii. Buang bahan terkontaminasi dalam jumlah besar sampai tingkat aktivitas dalam wilayah sama atau dekat latar belakang. Ini harus dipersyaratkan kapanpun diaman bahan radioaktif keluar ke lingkuangn dalam wilayah yang berpenduduk. Contoh: kecelakaan yang ada terlibat penumpahan cairan atau bahan radioaktif yang goyah yang dapat mengalir dalam tanah atau air tanah atau dipadatkan kembali dikarenakan kondisi cuaca berikutnya.

7. Bangun prosedur langkah demi langkah untuk memulai operasi pembersihan dan instruksi pekerja ditempat kejadian berkenaan protokol yang layak untuk penanganan elemen radioaktif, termasuk penggunaan baju pelindung yang sesuai, respirator, dosimeter, jangka waktu ditempat kejadian selama tiap fase operasi.

8. Pastikan bahwa kemampuan pemantauan radiologi bekerja untuk mensurvey kontainer sumber atau bahan yang terkontaminasi seiring bahan tsb dibuang, dibungkus, dan diangkut untuk pengantaran sebelum meninggalkan tempat. Catat semua informasi ketika bahan diumpulkan.

9. Pastikan bahwa semua pembungkus yang menampung bahan radioaktif diberi label dan diidentifikasi kandungan dan tingkat aktivitas, dan bangun daftar pengakutan yang secara jelas mengidentifikasi tiap bungkus, termasuk termasuk bacaan radiasi permukaan yang ada setelah kontainer dimasukkan dan disegel.

10. Ketika kontainer sumber atau bahan terkontaminasi yang goyah dibuang, lakukan survey lain didaerah untuk memastikan tidak ada bagian daerah yang terus memperlihatkan bacaan diatas tingkat klierens yang dirumuskan.

#### **CATATAN**

Sebagai bagian tanggap kesiapsiagaan darurat, otoritas nasional yang kompeten harus membangun tingkat klierens [2]. Pedoman mengenai tingkat ini diberikan dalam referensi [12, 13, 14]

### **Prosedur 4.3. Dekontaminasi Orang dan Peralatan.**

#### Tujuan

Menyediakan Pedoman dekontaminasi sederhana terhadap petugas, peralatan yang penting dan kendaraan.

#### Pembahasan

Selama tanggap terhadap situasi dimana bahan radioaktif terlepas ke lingkungan, petugas tanggap dan lainnya di tempat kejadian juga kendaraan dan peralatan dapat terkontaminasi. Dalam kejadian seperti itu, dekontaminasi dasar terhadap petugas dan peralatan ditempat kejadian harus disediakan, khususnya untuk pemadam kebakaran, polisi, pelayanan medis ke petugas, dan penyedia jasa penting lainnya yang harus melanjutkan tugas rutin mereka setelah kedaruratan radiologi. Kecelakaan dimana sumber radiasi disegelm padat, atau tetap dilindungi, umumnya tidak mempunyai bahaya kontaminasi.

Dekontaminasi tempat kejadian, ketika paraktis, memenuhi beberapa tujuan: mengurangi potensi paparan individu yang terus berlanjut dari kontaminasi; membatasi potensi penyebaran kontaminasi diluar tempat kejadian; dan peralatan tanggap dapat digunakan kembali untuk kedaruratan lain.

Teknik yang diaplikasikan sejenis dengan yang dikerjakan untuk tipe bahaya kecelakaan lain (yaitu bahan kimiawi atau racun).

Saat pendekatan dekontaminasi yang dianjurkan disini bersifat umum, ini penting untuk memperhatikan perbedaan antara teknik yang sesuai untuk manusia dengan peralatan dan barang lain. Ini penting bahwa semua pekerja kedaruratan dan orang-orang yang berhubungan langsung dengan bahan radioaktif yang goyah di tempat kejadian dianjurkan bahwa mereka dipantau kontaminasinya. Sebagai tambahan, Mereka direkomendasikan bahwa bahkan jika tidak ada kontaminasi, mereka harus mandi, lebih baik pancuran, secepatnya dan mencuci seluruh baju (laundry)

Sebagai peraturan umum, tingkat kontaminasi yang dapat terdeteksi ditas dua kali latar belakang mengindikasikan bahwa dekontaminasi harus diupayakan. "dekontaminasi sederhana" merujuk pada penggunaan air untuk membilas kontaminasi yang dapat dipindahkan dari kulit dan bahan yang tidak berpori. "Impounded" merujuk pada pengumpulan dan isolasi bahan-bahan yang melebihi tingkat intervensi operasional yang dirumuskan (batas kontaminasi) dan memiliki potensi bahaya paparan, tetapi tidak dapat secara mudah atau praktis didekontaminasi di tempat kejadian dengan sumber daya yang tersedia.

#### Input

- Informasi berkenaan tipe dan tingkat aktivitas bahan radioaktif yang terlibat
- Hasil survey pemantauan terhadap orang, peralatan dan kendaraan yang penting

#### Output

- Pedoman aktivitas dekontaminasi

## Pedoman Umum

### CATATAN

Ini sulit bagi satu orang untuk melakukan semua pemantauan dan rekaman. Referensi [5] menyediakan pedoman rinci mengenai tim pemantau dan menyarankan minimum 3 orang per kelompok; satu untuk memantau; satu untuk merekam hasil dan satu untuk menangani bahan atau orang yang terkontaminasi.

### Langkah – langkah

1. Tentukan apakah peralatan dan sumber daya yang sesuai tersedia di atau dekat tempat kejadian untuk mencapai dekontaminasi sederhana, yaitu. Pasokan air bersih, perancangan pancuran, pompa, selang, sikat, sapu, spon, dll.

### CATATAN

Air yang digunakan untuk dekontaminasi akan perlu dianggap sebagai limbah cair aktif dan perancangan yang akan datang untuk pembuangan limbah seperti ini perlu dibahas dalam rencana kedaruratan. Perancangan akan biasanya perlu disetujui oleh otoritas pengawas yang relevan untuk limbah cair. Tetapi, jika terdapat kebutuhan mendesak untuk membilasi permukaan terkontaminasi, menurunkan sampai ketinggian aktivitas dibawah dapat diterima.

- dibuang ke pipa limbah: 20 Mbq per 5000 liter:
- dibuang ke sungai/aliran air: 2 Mbq per 5000 liter

Hampir semua pemadam kebakaran dapat menyediakan sumberdaya yang perlu. Pertimbangan yang jelas ialah faktor cuaca. Dekontaminasi basah tidak cocok dalam musim dingin kecuali dikerjakan dalam lingkungan/tanah yang dipanaskan.

2. Tunjuk daerah diluar perimeter keselamatan diamna dapat dikerjakan proses dekontaminasi (lihat gambar C1)

### CATATAN

Wilayah harus mempunyai titik masuk dan keluar yang terkendali. Ini sangat dianjurkan untuk mengisolasi wilayah ini dan menyediakan metode/alat untuk mengumpulkan air yang tercercer untuk analisa tergantung dari jumlah dan tipe bahan radioaktif goyah yang terlibat.

3. Orang dan benda yang dibawa ke lokasi dekontaminasi harus disurvei menggunakan prosedur yang sesuai dari referensi [6] dan tingkat aktivitas untuk wilayah terkontaminasi direkam sebelum upaya dekontaminasi dilakukan.

### WASPADA

Individu individu yang membantu mendekontaminasi orang dan peralatan harus dipantau secara periodik untuk memastikan bahwa mereka tidak terkontaminasi.



4. Survey kembali wilayah yang diidentifikasi sebelumnya sebagai terkontaminasi untuk menentukan jika aktivitas telah berkurang dibawah tingkat intervensi operasional (OIL). Jika aktivitas telah berkurang, tetapi tetap diatas OIL, lap/gosok wilayah terkontaminasi dengan sehelai kertas atau kain yang bersih dan survey dengan detektor. Aktivitas pada saat penggosokan mengindikasikan kontaminasi yang dapat dibuang tetap berada ditempat. Ulangi proses deontaminasi sampai tidak ada kontaminasi.

5. Sebelum melepaskan individu atau barang yang ada dari wilayah dekontaminasi atau mengisolasi komoditas yang terkontaminasi, pastikan semua dokumentasi berkenaan proses dekontaminasi, termasuk sebelum dan sesudah pembacaan survey, lengkap dan dipegang oleh manajer kedaruratan atau otoritas lainnya.

#### **TINDAKAN PENCEGAHAN**

- Sabun, sikat atau perlengkapan lainnya yang digunakan untuk dekontaminasi dapat terkontaminasi selama penggunaan dan harus ditangani secara layak.
- Dibawah semua situasi, paparan radiasi yang tidak perlu harus dihindari.
- Kenakan pakaian pelindung yang sesuai ketika mendokumentasi dan mensurvey peralatan, minimum sepatu boot dan *disposable glove*
- Kehatian hatian diterapkan untuk mencegah kontaminasi dari penyebaran ke daerah lain.
- Tidak menggunakan metode dekontaminasi yang akan menyebarkan kan bahan yang terpusat disuatu lokasi atau meningkatkan penetrasi permukaan.
- Pemantauan petugas yang sesuai harus digunakan oleh staf pekerja kedaruratan (Tim Dekontaminasi dan Pemantauan Personal [6])
- Petugas harus menahan diri dari makan, minum, atau merokok dalam wilayah manapun dimana kegiatan dekontaminasi atau pemantauan sedang dilakukan.

#### Dekontaminasi orang

6. Orang harus membuang benda benda yang terkontaminasi dari baju eksterior dan di survey kembali sebelum memasuki wilayah dekontaminasi. Identifikasi daerah kulit terpapar kontaminasi dan intruksikan individu tersebut untuk mencudi dengan sabun dan air hangat, gosok dengan halus sehingga tidak merusak kulit luar, bilas seluruhnya, dan ulangi proses lagi. Lihat tabel D7 untuk pedoman dekontaminasi personal.

#### **CATATAN**

Jika setelah pencucian kedua, aktivitas tetap diatas OIL, tetapi tidak lagi dapat dibuang, kontaminasi dianggap ”menetap”. Individu harus dirujuk ke otoritas medis untuk pengkajian lebih lanjut.

7. Jika kontaminasi tertampung dipakaian, tentukan apakah ini layak untuk mendekontaminasi pakaian dengan sumber daya yang tersedia.

**CATATAN**

Contohnya, Sepatu boot atau jas karet pemadam kebakaran dapat terkontaminasi, tetapi mudah dicuci. Ini bisa tidak praktis untuk mendekontaminasi beberapa bahan baju, interior kendaraan, sepatu kulit dan lain lain secepatnya.

8. Ketika kontaminasi dari barang barang ini melebihi OIL yang sesuai dan penggunaan berlanjut mungkin memiliki bahaya paparan, ini dianjurkan barang – barang di sita (impounded) dan ditahan sampai ketetapan dapat dibuat berkenaan upaya dekontaminasi lebih lanjut atau pembuangan yang layak .

9. Bahan terkontaminasi harus di bungkus, dilabel dan simpan secara layak dalam suatu cara sehingga tidak menimbulkan bahaya baru ke petugas dan mengendalikan penyebaran kontaminasi. Gunakan Label Barang barang terkontaminasi (Lembar kerja D2). Masukkan ke tas dan labelkan bahan terkontaminasi yang ditahan untuk pengiriman atau penyimpanan yang layak.

10. Ukur tingkat kontaminasi tetap pada kulit dan rekam untuk membantu dalam mengestimasi dosis kulit.

**CATATAN**

Pemantau harus digunakan yang mempunyai rentang cukup tinggi untuk mengukur tingkat aktual kontaminasi. Nilai yang ”melebihi: hanya untuk penggunaan terbatas.

11. Dekontaminasi eksterior kendaraan dengan mencuci kendaraan dengan sabun dan air.

**CATATAN**

Semprotan air dari pemadam kebakaran digunakan untuk mendekontaminasikan kendaraan jika kondisi cuaca mengizinkan. Dekontaminasi eksterior juga dapat dikerjakan dalam tempat pencucian mobil komersil, jika sesuai. Air yang tercecer harus ditahan/tampung.

**WASPADA**

Tidak mencoba mencuci kendaraan ketika temperatur sekitar dibawah dingin (sangat dingin). Pendinginan permukaan dapat menyebabkan bahaya ke petugas dan peralatan.

12. Jika dekontaminasi eksterior tidak dapat dianjurkan dikarenakan cuaca atau keadaan lain, nasehati operator kendaraan bahwa kendaraan yang ditemukan terkontaminasi harus diisolasi didalam wilayah yang aman sampai metode/alat yang sesuai untuk dekontaminasi ditentukan. Sediakan operator kendaraan dengan Tanda Terima untuk Barang Barang terkontaminasi (Lembar kerja D3). Rekam semua informasi berkenaan kendaraan dan sejauh mana kontaminasi ditemukan ( gunakan Lembar Kerja yang sesuai dari referensi [6])

13. Setelah dekontaminasi awal di upayakan, survey kembali wilayah diaman kontaminasi dideteksi. Jika tingkat aktivitas telah berkurang signifikan, tetapi tetap diatas OIL, ulangi prosedur dekontaminasi dan survey kembali. Jika pembacaan tetap diatas OIL, nasehati operator kendaraan bahwa kendaraan harus di isolasi dalam wilayah aman menunggug evaluasi lebih lanjut. Sediakan operator kendaraan dengan Tanda Terima untuk Barang terkontaminasi (Lembar Kerja D3). Rekam semua informasi berkenaan kendaraan dan penyebaran kontaminasi yang ditemukan.
14. Jika kendaraan mempunyai kontaminasi interior yang tidak dapat dihilangkan oleh penggosokan dengan bahan pembersih yang tersedia, nasehati operator bahwa kendaraan harus diisolasi dalam wilayah aman semapai ketetapan dibuat berkenaan metode/alat yang sesuai untuk membuang/mengurangi kontaminasi sampai ke tingkat yang diperbolehkan. Sediakan operator kendaraan dengan Tanda Terima untuk barang barang terkontaminasi (Lembar Kerja D3). Rekam semua informasi berkenaan kendaraan dan penyebaran kontaminasi yang ditemukan. (gunakan Lembar kerja yang sesuai dari Referensi [6])
15. Jika upaya dekontaminasi eksterior awal gagal untuk mengurangi pembacaan dibawah OIL, kontaminasi bisa menetap/tetap. Konfirmasi hal ini dengan uji gosok (wipe test) (lihat Prosedur A5 dalam [6]). Untuk kontaminasi yang menetap, pembacaan pada atau dibawah OIL , kendaraan dapat diizinkan untuk bergerak/lepas, jika tidak ada kontaminasi yang ditemukan. Pembacaan diatas OIL untuk kontaminasi tetap menentukan bahwa kendaraan harus ditempatkan dalam isolasi yang aman semapai evaluasi lebih lanjut. Nasehati operator mengenai masalah nya dan sediakan dia dengan Tanda Terima untuk Barang yang terkontaminasi (Lembar Kerja D3). Rekam semua informasi berkenaan kendaraan dan penyebaran kontaminasi yang ditemukan.
16. Semua alat dan perlengkapan yang digunakan ooleh pekerja kedaruratan harus dipantau menggunakan prosedur dalam Referensi [6] dan upaya dbuat secepat mungkin untuk mendekontaminasi barang barang yang terkontaminasi tsb. Dekontaminasi, jika dipersyaratkan dan layak, dapat dicapai menggunakan satu dari beberapa metode, contohnya penggosokan/lap dengan kain kering, sabun, dan air, dll.
17. Jika dekontaminasi segera tidak berhasil atau tidak praktis, dan pekerja melepaskan/menyerahkan barang barang atau peralatan, sediakan pemilik dengan Tanda Terima Barang Terkontaminasi \*(Lembar Kerja D3). Barang barang terkontaminasi harus dengan layak dibungkus, dilabel dan disimpan sehingga tidak ada bahaya ke petugas dan untuk mengendalikan penyebaran kontaminasi. Gunakan label Barang barang Terkontaminasi (Lembar Kerja D2).
18. Masukkan kedalam tas dan beri label barang barang terkontaminasi ditahan untuk penyimpanan atau pengangkutan yang layak.

### **CATATAN**

Dimana kecelakaan dapat menghasilkan ingesti atau inhalasi bahan radioaktif, pertimbangan diberikan pada kontaminasi potensial dari ekskresi. Utamanya ini akan dari urin atau fesem tetapi ini juga berpotensi untuk aktivitas yang diekskresi melalui keringat. Disamping tindakan kendali kontaminasi , akan ada keperluan untuk mengkaji pengambilan (*intake*) melalui pemantauan vivo contohnya pemantauan keseluruhan tubuh atau oleh pemantauan vitro ekskresi.

**TABEL D7. PEDOMAN DEKONTAMINASI PERSONAL**

<b>Area yang terkontaminasi</b>	<b>Metode<sup>a</sup></b>	<b>Teknik</b>	<b>Keterangan</b>
Kulit, Tangan dan badan	Sabun dan Air	Cuci 2 – 3 menit dan periksa tingkat aktivitas. Ulangi pencucian 2 kali	Cuci tangan, lengan dan muka di bak cuci , gunakan pancuran untuk seluruh tubuh. <sup>b</sup>
	Sabun, sikat halus dan air, ampelas kering seperti corn-flower	Gunakan tekanan ringan dengan busa. Cuci selama 2 menit, 3 kali, bilas dan pantau. Hati2 agar tidak mengikis kulit.	Setelah dekontaminasi, terapkan lanolin atau krim tangan untuk mencegah rekahan. <sup>c</sup>
	Bubuk sabun atau deterjen yang serupa, pencuci kuliat standar industri.	Buat menjadi pasta. Gunakan air tambahan dan tindakan gosok agak kencang. Hati2 agar tidak mengikis kulit.	Setelah dekontaminasi, terapkan lanolin atau krim tangan untuk mencegah rekahan. <sup>c</sup>
Mata, telinga, mulut	Bilas	Mata : gulung kelopak mata dan pelan pelan bilas dengan air Telinga: Cuci slurang telinga dengan kapas (cotton buds) Mulut: Kumur dengan air, tidak ditelan	Hati hati agar tidak merusak gendang telinga, menggulung kelopak mata harus dilakukan oleh petugas medis atau yang terlatih untuk melakukan hal itu.
Rambut	Sabun dan air	Gunakan tekanan ringan dengan busa. Cuci sekama 2 menit, 3 kali , bilas dan pantau	Rambut harus dicuci dari belakang untuk meminimasi ingesti lewat mulut atau hidung
	Sabun, sikat halus dan air	Buat menjadi pasta. Gunakan air tambahan dan tindakan gosok agak kencang. Hati2 agar tidak mengikis kulit.	Rambut harus dicuci dari belakang untuk meminimasi ingesti lewat mulut atau hidung
	Cukur rambut/penggundulan	Buang rambut untuk mendekontaminasi kulit kepala. Gunakan metode dekontaminasi kulit	Gunakan hanya setelah metode lain gagal.

- a. Mulai dengan metode yang terdaftar pertama dan kemudian lanjutkan langkah demi langkah untuk metode berat lainnya seperlunya. Dalam semua prosedur dekontaminasi personal, setiap upaya harus dibuat untuk mencegah penyebaran kontaminasi. Semua tindakan pembersihan harus dilaksanakan dari tepi daerah kontaminasi ke tengah daerah.
- b. Irigasi sederhana luka, sebagaimana untuk terpotong atau lecet harus dilakukan tetapi tindakan dekontaminasi lebih lanjut terhadap luka harus dilakukan oleh dokter atau petugas medis berpengalaman.
- c. Untuk kontaminasi yang bertahan , lapiasi secara bebas dengan krim penghalang dan tutupi dengan sarung tangan karet, aktivitas akan sering berpindah kedalam krim penghalan selama beberapa jam.

#### **4.4. Prosedur Pembuangan Limbah Radioaktif**

##### **Tujuan**

Menyediakan pedoman atau pertimbangan pendahuluan untuk membuang limbah radioaktif dari konsekuensi situasi kedaruratan radiologi ketika mungkin. Prosedur ini harus digunakan selama tahap kedaruratan dan jika tindakan pembersihan jangka panjang diperlukan hal ini harus dipertimbangkan secara terpisah.

##### **Pembahasan**

Pedoman ditujukan untuk menganjurkan hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam menangani limbah radioaktif yang mungkin dihasilkan dari situasi darurat. Limbah seperti ini dapat mencakup sumber yang kepemilikannya tidak dapat ditentukan, bahan radioaktif yang tidak terkungkung, dan bahan lingkungan atau bahan terkontaminasi selama tanggap pada kecelakaan radiasi.

Metodologi pembuangan, peralatan pemulihan dibutuhkan, dan mekanisme transportasi harus ditentukan sehubungan dengan kuantitas bahan radioaktif yang terlibat, tingkat aktivitasnya, dan ketersediaan fasilitas penyimpanan jangka panjang atau interim dalam yurisdiksi dimana limbah dihasilkan. Dalam beberapa kejadian, contoh tumpahan tingkat rendah, mungkin bisa dikumpulkan semua atau hampir semua limbah terkontaminasi relatif lebih mudah. Dalam kejadian lain, bagaimanapun, ini tidak mungkin untuk membuang secara cepat bahan apapun dikarenakan volume limbah kontaminasi atau tingkat aktivitas yang tinggi, atau untuk membuang bahan karena tidak ada penyimpanan yang siap untuk bahan ini.

Ketika limbah tidak dapat dibuang dari tempat kejadian dan menimbulkan resiko paparan yang berkelanjutan, perisai dan keamanan harus disediakan di tempat kejadian.

Prosedur ini untuk Pengkaji Radiologi.

##### **Input**

- Kuantitas dan inventori limbah yang terlibat berdasarkan kategori
- Informasi tentang ketersediaan metode transportasi yang aman, pembungkus yang layak dan pilihan penyimpanan.

##### **Output**

- Rekomendasi untuk pembuangan

##### **Langkah – Langkah**

1. Ketika situasi kedaruratan stabil, dan survey aktivitas telah dilengkapi, kaji keperluan untuk pembuangan bahan limbah. Kategorisasi limbah berdasarkan tipe, tingkat aktivitas, dan volume.

**CATATAN**

Contoh, tumpahan bahan cair radioaktif dapat menghasilkan kuantitas limbah kontaminasi yang signifikan yang mencakup cairan, bahan absorpsi, kain, dan tanah, dengan tiap tiap tingkat aktivitas yang berbeda, rentang antara tingkat rendah ke tingkat tinggi tergantung pada radioisotop yang terlibat.

2. Dalam konsultasi dengan manajer kedaruratan, tentukan ketersediaan fasilitas pembuangan atau penyimpanan yang sesuai untuk setiap kategori limbah radioaktif.
3. Identifikasi persyaratan untuk pembungkusan setiap kategori atau tipe limbah untuk transportasi dari tempat kedaruratan dan tentukan apakah pembungkus itu siap tersedia atau dapat didapatkan secara cepat. Wewenang bisa berniat untuk menghapuskan persyaratan pengangkutan yang normal untuk melancarkan pembuangan limbah dari tempat kedaruratan. Dalam beberapa kejadian, pembungkusan bisa diimprovisasi/dikreasi sendiri.
4. Tentukan metode yang sesuai untuk mentransportasi limbah dari tempat kedaruratan ke tapak pembuangan atau penyimpanan yang ditunjuk. Volume dan pembungkus akan menentukan ukuran dan tipe kendaraan yang dibutuhkan. Kebutuhan untuk keamanan dipergalangan harus juga dipertimbangkan.
5. Dokumentasikan informasi secara menyeluruh tentang setiap kuantitas bahan limbah yang dibungkus sebelum pengangkutan, termasuk tingkat aktivitas dari bahan yang terlibat juga survey pembacaan untuk eksterior kontainer pengangkutan. Salinan dokumentasi harus menyertai setiap pengangkutan dari tempat kejadian ke tujuan penyimpanan atau pembuangannya.
6. Ketika semua limbah kontaminasi dibuang dari tempat terjadi, Wilayah tersebut harus disurvei kembali dan dibuat daftar/ dibuat data sehubungan dengan wilayah yang tersesai dimana tingkat aktivitas melebihi latarbelakang normal.

Jika mitigasi lebih lanjut diperlukan wilayah harus diamankan untuk mencegah akses yang tak diizinkan.

**CATATAN**

Konsentrasi aktivitas radionuklida yang terjadi secara alami dalam tanah sebagai berikut :

Radionuklida	Konsentrasi Rata – rata [Bq/kg]	Rentang tipikal [Bq/Kg]
K – 40	370	100 – 700
U – 238 atau Ra – 226	25	10 – 50
Th – 232	25	7 – 50



## BAB V. PENGKAJIAN DOSIS

### 5.1. Prosedur Tinjauan Pengkajian Dosis.

#### Tujuan

Untuk menghitung dosis bagi pekerja kedaruratan dan atau masyarakat saat kondisi darurat telah stabil dan kegiatan pemulihan telah diselesaikan.

#### Pembahasan

Pada saat terjadi kecelakaan individu dapat terkena paparan baik eksternal atau internal dan dapat terjadi di berbagai jalur lintas. Paparan eksternal dapat disebabkan oleh penyinaran langsung dari sumber, lepasan radionuklida di udara (pencelupan atau paparan di atas plume), radionuklida-radionuklida yang tersimpan di dalam tanah dan yang terendap di pakaian dan kulit orang. Paparan internal berasal dari inhalasi bahan radioaktif secara langsung dari plume atau penengguhan kembali dari permukaan yang terkontaminasi, dari penyerapan makanan dan air terkontaminasi atau melalui luka yang terkontaminasi.

Dosis efektif total dapat dihitung dengan memasukkan semua unsur yang dominan dari individu yang terpapar dalam kecelakaan.

$$E_T = E_{ext} + E_{inh} + E_{ing}$$

Dimana

$E_T$  = Dosis efektif total

$E_{ext}$  = Dosis efektif dari radiasi eksternal

$E_{inh}$  = Dosis efektif terikat dari inhalasi

$E_{ing}$  = Dosis efektif terikat dari penyerapan

Dimana perkiraan langsung dari penilaian dosis adalah didapatkan dengan menggunakan prinsip dosimeter monitor perorangan untuk paparan eksternal, hal ini harus dilakukan. Bagaimanapun pada banyak kasus diantaranya hal itu tidak dapat digunakan atau dimungkinkan adanya waktu tunda pada pencapaian data.

Pada bab ini memberikan berbagai macam metodologi untuk perhitungan dosis dan laju dosis berdasarkan pada tipe sumber atau bahan radioaktif yang digunakan dan keadaan pada saat situasi darurat. Sementara penilai radiology mempunyai cara penilaian pada program computer, prosedur juga menyediakan rumus-rumus sehingga perhitungan bisa dibuat sendiri jika diperlukan. Pada bab ini penilai radiology dapat menemukan rumus dan table yang digunakan untuk tindakan perlindungan yang direkomendasikan bagi pengelolaan kedaruratan pada tingkat awal situasi darurat dimana informasi yang berkenaan dengan sumber radiasi atau bahan radiasi telah disediakan. Prosedur ini dilakukan oleh Pengkaji Radiologi.

#### Input

- Tipe dari paparan
- Sumber atau bahan radiasi yang digunakan
- Hasil dari dosimeter
- Kronologi kejadian

## Output

- Kecelakaan –perkiraan dosis spesifik

### Langkah – langkah.

1. Pasang dan periksa dosimeter dapat langsung memberi informasi. Hal ini meliputi:
  - i. Pembacaan langsung dari Quartz Fibre Electrometers (QFE) atau dosimeter elektronik perorangan (EPDS);
  - ii. Penilaian dosis berdasarkan dosimeter perorangan meliputi film badge atau dosimeter thermoluminescent (TLDs) – ini harus digunakan untuk penilaian dosis.

#### Catatan

Penilaian dapat dilakukan hingga 24 jam, tetapi data yang penting akan digunakan untuk investigasi kecelakaan dan diperlukan untuk masukan tanggap medis.

- iii. di mana inhalasi mungkin telah terjadi, diperlukan bahan yang sesuai untuk hidung bernafas sehingga efektif dalam kegunaanya;
- iv. di mana proses penyerapan mungkin telah terjadi, kebutuhan untuk mengumpulkan air seni dan contoh-contoh kotoran perlu dipertimbangkan;
- v. untuk (iii) dan (iv) diperlukan untuk keseluruhan tubuh dan pemeriksaan tyroid betul-betul harus dipertimbangkan;
- vi. jika hal itu diperhatikan kemungkinan batas dosis efektif total dapat terlampaui maka penanggap medis harus mengkonsultasikan mengenai perolehan contoh darah untuk analisis cytogenik;

#### Catatan

Langkah (i) dan (ii) harus selalu dikerjakan dimanapun dosimeter-dosimeter tersedia. Pengukuran-pengukuran yang lain akan bergantung pada saat kecelakaan.

#### PERHATIAN

Lama waktu dan tingkat dari kecelakaan itu mungkin telah lebih luas dibanding kenyataan pada waktu tanggap awal. Maka dari itu penting untuk memeriksa dosimeter-dosimeter bacaan langsung dan dosimeter-dosimeter perorangan lainnya dari seluruh staf yang mungkin telah berada di dalam daerah tersebut. Khususnya adalah penting dosimeter dari orang yang tidak terpikirkan terlibat tidak digunakan untuk paparan yang disengaja sebagai bagian dari latihan dosis rekonstruksi. Hal ini bisa menyembunyikan paparan riil para staf.

2. Kenali tipe paparan yang terlibat dan gunakan prosedur yang sesuai.

Pada kasus	Gunakan
Sumber titik	5.2
Sumber lurus dan	5.3
Kontaminsi Permukaan	5.4
Kontaminasi kulit	5.5
Inhalasi	5.6
Penyerapan	5.7
Penyebaran di udara	5.8

3. Hitung dosis efektif total dengan menjumlahkan penerimaan dari semua paparan jalur lintas yang relevan dengan orang yang terkena paparan.

## 3.2. Prosedur Sumber titik

### Tujuan

Untuk menghitung laju dosis dan dosis efektif dari sumber titik (aktivitas diketahui) atau menghitung aktivitas dan jarak pada sumber titik berdasarkan pengukuran laju dosis.

### Pembahasan

Prosedur ini menggunakan dosis efektif dan laju dosis sebelum perhitungan pada jarak 1 m dari sumber titik., diumpamakan tidak ada pelindung. Hal itu dapat digunakan untuk menghitung dosis efektif pada masyarakat atau para pekerja kedaruratan atau alat baca dosis. (contoh. Ketika merencanakan pencarian sumber hilang). Pelindung dapat menjadi pertimbangan tetapi build-up tidak menjadi pertimbangan. Oleh sebab itu jika pelindung dimasukkan di dalam perhitungan, batas bawah di dalam hasil harus dipertimbangkan. Nilai dari perhitungan dapat mengesampingkan dosis. Prosedur ini untuk Pengkaji Radiologi

### Input

- Aktivitas sumber titik
- Jarak dari sumber titik
- Jangka waktu paparan

### Output

- Laju dosis dan dosis efektif dari sumber titik yang sudah diketahui aktivitasnya
- Aktivitas dan jarak ke sumber titik berdasarkan pengukuran laju dosis.

### Dosis Efektif

Perhitungan dosis efektif pada suatu jarak tertentu dari sumber titik menggunakan persamaan di bawah ini. Tetapkan tebal pelindung  $d$  sebanding dengan nol dengan anggapan tidak ada pelindung.

$$E_{ext} = \frac{A \cdot CF_6 \cdot T_e \cdot (0.5)^{\frac{d}{d_{1/2}}}}{X^2}$$

Dimana

- $E_{ext}$  = Dosis Efektif sumber titik [mSv]
- $A$  = Aktivitas sumber [kBq]
- $T_e$  = Waktu paparan [jam]
- $CF_6$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mSv/jam)/(kBq)]
- $X$  = Jarak dari sumber titik [m]
- $d_{1/2}$  = HVL berdasarkan tabel E2 [cm]
- $d$  = Tebal pelindung [cm]

PERHATIAN  
 $d$  diukur dalam [cm] dan  $X$  dalam [m].

### Laju Dosis

Menghitung laju dosis pada jarak tertentu dari sumber titik menggunakan persamaan di bawah ini. Anggap tidak ada pelindung, ketebalan pelindung diatur sebanding dengan nol.

$$\dot{D} = \frac{A \cdot CF_7 \cdot (0.5)^{\frac{d}{d_{1/2}}}}{X^2}$$

Dimana

- $\dot{D}$  = Laju dosis [mGy/jam]
- $A$  = Aktivitas sumber [kBq]
- $CF_7$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mGy/jam)/(kBq)]
- $X$  = Jarak dari sumber titik [m]
- $d_{1/2}$  = HVL berdasarkan tabel E2 [cm]
- $d$  = Tebal pelindung [cm]

PERHATIAN  
 $d$  diukur dalam [cm] dan  $X$  dalam [m].

### Menghitung jarak dari sumber titik

Suatu perkiraan kasar jarak dari sumber dapat diperoleh dengan mengukur laju dosis antara dua jarak di dalam “garis pandang” dan dengan menggunakan hukum inverse square.

$$a = \frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2}$$

dan 
$$X_1 = \frac{x}{1 - \sqrt{a}}$$

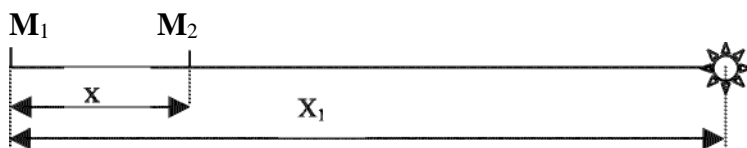
Dimana

$X_1$  = Jarak dari sumber (dari pengukuran titik  $M_1$ ) [m]

$x$  = Jarak di antara dua pengukuran titik [m]

$\dot{D}_1$  = Laju dosis terukur saat pengukuran di titik  $M_1$  [mGy/jam]

$\dot{D}_2$  = Laju dosis terukur saat pengukuran di titik  $M_2$  [mGy/jam]



### Menghitung aktivitas

Jarak dari sumber sudah diketahui maka menghitung aktivitas dapat dibuat dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$A = \frac{\dot{D} \cdot X_1^2}{CF_7 \cdot (0.5)^{\frac{d}{d_{1/2}}}}$$

Dimana

$A$  = Aktivitas sumber [kBq]

$X_1$  = Jarak dari sumber (dari pengukuran titik  $M_1$ ) [m]

$\dot{D}_1$  = Laju dosis terukur saat pengukuran di titik  $M_1$  [mGy/h]

$CF_7$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mGy/h)/(kBq)]

$d_{1/2}$  = HVL berdasarkan tabel E2 [cm]

$d$  = Tebal pelindung [cm]

### PERHATIAN

$d$  diukur dalam [cm] dan  $X$  dalam [m].

TABEL E1. FAKTOR KONVERSI SUMBER TITIK PADA JARAK 1 METER DARI SUMBER

Radionuklida	CF <sub>6</sub>	CF <sub>7</sub> <sup>a</sup>	Radionuklida	CF <sub>6</sub>	CF <sub>7</sub> <sup>a</sup>
	(mSv/jam)/(kBq)	(mGy/jam)/(kBq)		(mSv/jam)/(kBq)	(mGy/jam)/(kBq)
H-3	0.0	0.0	Ru- 103	5.0E-08	7.9E-08
C- 14	0.0	0.0	Ru- 105	8.1E-08	1.3E-07
Na-22	2.2E-07	3.4E-07	Ru- 106	1.4E-09	7.1E-09
Na-24	3.8E-07	5.1E-07	Ru-106+	1.4E-09	7.1E-09
P-32	0.0	0.0	Rh- 106		
P-33	0.0	0.0	Ag-110m	2.8E-07	4.2E-07
S-35	0.0	0.0	Cd-109+	1.6E-07	2.9E-07
Cl-36	3.1E-13	2.1E-11	Ag-109m		
K-40	1.6E-08	2.2E-08	Cd-113m	0.0	0.0
K-42	2.8E-08	3.9E-08	In-114m	1.0E-08	3.5E-08
Ca-45	8.9E-17	6.1E-15	Sn-113	3.4E-09	4.2E-08
Sc-46	2.1E-07	3.1E-07	Sn-123	7.0E-10	1.1E-09
Ti-44	1.1E-08	2.8E-08	Sn-126+	5.7E-09	2.2E-08
V-48	2.9E-07	4.4E-07	Sb-126m		
Cr-51	3.4E-09	2.0E-08	Sb-124	1.9E-07	2.8E-07
Mn-54	8.6E-08	1.5E-07	Sb-126	2.8E-07	4.4E-07
Mn-56	1.7E-07	2.4E-07	Sb-126m	4.9E-10	7.8E-10
Fe-55	3.2E-10	2.2E-08	Sb-127	6.8E-08	1.1E-07
Fe-59	1.2E-07	1.8E-07	Sb-129	1.5E-07	2.2E-07
Co-58	1.0E-07	1.6E-07	Te-127	6.0E-09	1.1E-08
Co-60	2.5E-07	3.6E-07	Te-127m	1.6E-09	1.2E-08
Ni-63	0.0	0.0	Te-129	4.2E-08	6.5E-08
Cu-64	2.0E-08	4.7E-08	Te-129m+	4.6E-08	7.8E-08
Zn-65	6.0E-08	1.3E-07	Te-129		
Ga-68	9.8E-08	1.5E-07	Te-131	4.5E-08	7.1E-08
Ge-68+	9.8E-08	2.1E-07	Te-131m	1.5E-07	2.2E-07
Ga-68		Te-132		2.3E-08	4.9E-08
Se-75	3.9E-08	1.4E-07	I-125	5.9E-09	3.8E-08
Kr-85	2.3E-10	3.6E-10	I-129	3.4E-09	2.1E-08
Kr-85m	1.5E-08	3.0E-08	I-131	3.9E-08	6.2E-08
Kr-87	7.8E-08	1.1E-07	I-132	2.4E-07	3.6E-07
Kr-88+	2.5E-07	3.5E-07	I-133	6.2E-08	9.8E-08
Rb-88			I-134	2.7E-07	4.1E-07
Rb-86	9.6E-09	1.4E-08	I-135+	3.8E-07	5.4E-07
Rb-87	0.0	0.0	Xe-135		
Rb-88	5.7E-08	5.2E-08	Xe-131m	2.7E-09	1.7E-08
Sr-89	1.4E-11	2.1E-11	Xe-133	4.6E-09	1.9E-08
Sr-90	0.0	0.0	Xe-133m	4.8E-09	2.1E-08
Sr-91	7.1E-08	1.1E-07	Xe-135	2.4E-08	3.8E-08
Y-90	0.0	0.0	Xe-138	1.1E-07	1.6E-07
U-235	3.7E-10	5.5E-10		1.6E-07	2.5E-07
U-238	3.7E-10	5.5E-10		2.2E-07	3.4E-07
Y-91m	5.5E-08	8.7E-08	Ba-137m	6.2E-08	9.5E-08
Zr-93	0.0	0.0	Cs-137+	6.2E-08	9.5E-08
Zr-95	7.6E-08	1.2E-07	Ba-137m		
Nb-94	1.6E-07	2.5E-07	Ba-133	4.1E-08	9.3E-08
Nb-95	7.9E-08	1.2E-07	Cs- 138	3.0E-09	4.2E-09
Mo-99	1.6E-08	2.6E-08	Ba-140	2.0E-08	4.3E-08
Tc-99	4.1E-14	6.4E-14	La-140	2.3E-07	3.4E-07
Tc-99m	1.2E-08	2.1E-08	Ce- 141	7.2E-09	1.4E-08
Rh-103	2.1E-08	3.0E-08	Ce-144+	3.1E-09	1.1E-08

Radionuklida	CF6 (mSv/jam)/(kBq)	CF7 <sup>a</sup> (mGy/jam)/(kBq)
Pr-144		
Pr-144m	2.9E-09	2.8E-08
Pr-144	1.2E-09	5.8E-09
Pm-145	3.6E-09	2.0E-08
Pm-147	2.9E-13	4.4E-13
Sm- 151	2.3E-12	9.8E-11
Eu-152	1.2E-07	1.9E-07
Eu-154	1.3E-07	2.0E-07
Eu-155	5.3E-09	1.6E-08
Gd- 153	1.1E-08	4.3E-08
Tb- 160	1.1E-07	1.8E-07
Ho-166m	1.6E-07	2.7E-07
Tm-170	5.0E-10	4.8E-09
Yb- 169	2.9E-08	9.8E-08
Hf-172	2.2E-08	4.9E-08
Hf-181	5.5E-08	1.0E-07
Ta- 182	1.3E-07	2.2E-07
W-187	4.9E-08	8.6E-08
Ir-192	8.3E-08	1.4E-07
Au-198	4.1E-08	6.7E-08
Hg-203	2.3E-08	4.5E-08
Ti-204	1.0E-10	1.1E-09
Pb-210	6.9E-10	3.5E-08
Bi-207	1.6E-07	2.9E-07
Bi-210	0.0	0.0
Po-210	8.8E-13	1.3E-12
Ra-226	6.2E-10	2.2E-09
Ac-227	3.9E-11	2.0E-09
Ac-228	9.5E-08	2.1E-07
Th-227	1.1E-08	8.4E-08
Th-228	3.9E-10	1.6E-08
Th-230	2.3E-10	1.4E-08
Th-231	2.5E-10	7.3E-09
Th-232	2.1E-10	1.4E-08
Pa-231	4.3E-09	7.9E-08
U-Dep & Nat <sup>f</sup>	2.3E-10	1.5E-08
U-Enric <sup>g</sup>	2.8E-10	1.8E-08
U-232	3.2E-10	2.1E-08
Pa-233	1.7E-08	4.6E-08
U-233	1.2E-10	6.8E-09
U-234	2.8E-10	1.8E-08
U-235	1.4E-08	7.4E-08
U-236	0.0	0.0
U-238	2.3E-10	1.5E-08



Radionuklida	CF <sub>6</sub> (mSv/jam)/(kBq)	CF <sub>7</sub> <sup>a</sup> (mGy/jam)/(kBq)
Np -237	3.8E-09	5.0E-08
Pu – 236	3.4E-10	9.9E-09
Pu – 238	3.0E-10	8.8E-09
Np – 239	0.0	0.0
Pu – 239	1.2E-10	3.4E-09
Pu – 240	2.8E-10	8.4E-09
Pu – 241	0.0	0.0
Pu – 242	2.3E-10	6.9E-09
Am – 241	3.1E-09	3.7E-08
Am – 242	8.5E-10	2.5E-08
Am – 243	5.4E-09	3.8E-08
Cm – 242	3.1E-10	9.2E-09
Cm – 243	1.3E-08	6.6E-08
Cm – 244	2.8E-10	8.2E-09
Cm – 245	7.5E-09	6.0E-08
Cf – 252	2.1E-10	6.1E-09

Referensi : Kalkulasi dibuat oleh Laboratorium Nasional Oak Ridge menggunakan program CONDOS. Dihitung pada 1 meter tanap perisai.

<sup>a</sup> Laju paparan diperlihatkan berhubungan dengan mGy/h. Untuk gamma paparan gamma 1 mGy/h ~ 0.1 R/h

<sup>b</sup> Untuk uranium alami dan susut kadar ini diasumsikan bahwa semua pelepasan adalah U – 238 dan untuk uranium diperkaya ini diasumsikan semua pelepasan adalah U-234. Aktivitas Uranium diperkaya didominasi oleh konsentrasi U-234 (Karena aktivitas tingginya). Ketika pelepasan dari Uranium alami dan diperkaya akan dikomposisikan dari bauran U-234, 235, dan 238, faktor dosis dari semua radionuklida dalam 10%, jadi ini wajar untuk digunakan sebagai faktor tunggal.

CF<sub>6</sub> Dosis efektif dalam satu jam paparan ke 1 kBq titik sumber

CF<sub>7</sub> laju dosis pada 1 m dari 1 kBq titik sumber .

TABEL E2. HALF VALUE LAYER (HVL) d1/2

$d_{1/2}$  adalah ketebalan bahan, ketika diperkenalkan dalam jalur tumbukan radiasi mengurangi laju paparan sebesar satu setengah. Nilai ini memberikan “geometri yang bagus” sehingga membuat radiasi kedua menjadi tidak penting.

Radionuklida	$d_{1/2}$ [cm]					
	Timah <sup>2</sup>	Besi <sup>2</sup>	Al <sub>a</sub>	Air <sup>2</sup>	Udara <sup>1</sup>	Beton <sup>1</sup>
H-3	0	0	0	0	0.00E+00	0
C- 14	0	0	0	0	0.00E+00	0
Na-22	0.67	1.38	3.85	9.4	7.94E+03	4.35
Na-24	1.32	2.14	6.22	14.75	1.27E+04	6.88
P-32	0	0	0	0	0.00E+00	0
P-33	0	0	0	0	0.00E+00	0
S-3 5	0	0	0	0	0.00E+00	0
Cl-36	0	0.01	0.02	0.04	3.90E+01	0.02
K-40	1.15	1.8	4.99	11.97	1.02E+04	5.63
K-42	1.18	1.84	5.1	12.21	1.04E+04	5.75
Ca-45	0.01	0.03	0.1	0.24	2.12E+02	0.11
Sc-46	0.82	1.48	4.2	9.84	8.47E+03	4.66
Ti-44	0.04	0.21	0.6	1.41	1.25E+03	0.67
V-48	0.8	1.48	4.18	9.95	8.50E+03	4.67
Cr-51	0.17	0.82	2.38	5.69	4.98E+03	2.68
Mn-54	0.68	1.33	3.8	9	7.70E+03	4.22
Mn-56	0.94	1.65	4.78	11.13	9.66E+03	5.27
Fe-55	0	0.02	0.05	0.12	1.02E+02	0.05
Fe-59	0.94	1.59	4.51	10.58	9.10E+03	5.02
Co-60	1	1.66	4.65	10.99	9.42E+03	5.2
Ni-63	0	0	0	0	0.00E+00	0
Cu-64	0.41	1.08	3.01	7.61	6.32E+03	3.43
Zn-65	0.87	1.53	4.34	10.15	8.74E+03	4.81
Ga-68	0.42	1.09	3.04	7.67	6.38E+03	3.47
Ge-68+Ga-68 <sup>1</sup>	0.42	1.09	3.04	7.67	6.38E+03	3.47
Ge-68	0.01	0.03	0.08	0.18	1.60E+02	0.09
Se-75	0.12	0.62	1.79	4.26	3.74E+03	2.01
Kr-85	0.41	1.07	3	7.59	6.31E+03	3.43
Kr-85m	0.1	0.5	1.46	3.46	3.05E+03	1.64
Kr-87	0.83	1.67	4.84	11.46	9.92E+03	5.36
Kr-88+Rb-88 <sup>1</sup>	1.17	1.89	5.51	12.74	1.11 E+04	6.05
Kr-88	1.20	1.95	5.71	13.2	1.16E+04	6.25
Rb-86	0.87	1.53	4.35	10.13	8.74E+03	4.81
Rb-88	1.17	1.89	5.51	12.74	1.11E+04	6.05
Sr-89	0.74	1.4	4	9.35	8.05E+03	4.42
Sr-90	0	0	0	0	0.00E+00	0
Sr-91	0.71	1.38	3.94	9.31	7.98E+03	4.38
Y-9 1	0.96	1.62	4.57	10.74	9.23E+03	5.09
Zr-93	0	0	0	0	0.00E+00	0
Zr-95	0.6	1.26	3.58	8.61	7.31E+03	4
Nb-94	0.64	1.30	3.70	8.84	7.54E+03	4.13
Nb-95	0.62	1.28	3.63	8.72	7.42E+03	4.06
Mo-99+Tc-99m <sup>1</sup>	0.49	1.11	3.16	7.6	6.48E+03	3.54
Mo-99	0.49	1.11	3.16	7.6	6.48E+03	3.54
Tc-99	0.05	0.25	0.73	1.73	1.53E+03	0.82
Tc-99m	0.07	0.39	1.13	2.68	2.37E+03	1.27
Ru- 103	0.4	1.06	2.97	7.53	6.25E+03	3.4
Ru- 105	0.48	1.16	3.28	7.98	6.77E+03	3.69
Rh- 106	0.49	1.17	3.29	8.16	6.84E+03	3.73

Radionuklida	d <sub>1/2</sub> [cm]					
	Timah <sup>2</sup>	Besi <sup>2</sup>	Al <sub>a</sub>	Air <sup>2</sup>	Udara <sup>2</sup>	Beton <sup>2</sup>
Ru-106+Rh- 106 <sub>c</sub>	0.49	1.17	3.29	8.16	6.84E+03	3.73
Ru-106	0	0	0	0	0.00E+00	0
Ag-110m	0.7 1	1.38	3.9 1	9.36	7.98E+03	4.38
Cd-109	0.0 1	0.06	0. 18	0.43	3.80E+02	0.2
Cd-113m	0	0	0	0	0.00E+00	0
In-114m	0.23	0.75	2. 14	5.18	4.45E+03	2.4 1
Sn-113	0.02	0.09	0.27	0.65	5.71E+02	0.3 1
Sn-123	0.88	1.53	4.36	10.16	8.77E+03	4.83
Sn-126+Sb-126m <sup>2</sup>	0.48	1.15	3.27	7.99	6.76E+03	3.68
Sn-126	0.04	0.19	0.55	1.3	1.15E+03	0.62
Sb-124	0.83	1.55	4.39	10.49	8.98E+03	4.9
Sb-126	0.52	1.19	3.37	8.2 1	6.95E+03	3.79
Sb-126m	0.48	1.15	3.27	7.99	6.76E+03	3.68
Sb-127	0.47	1. 14	3.24	7.92	6.70E+03	3.65
Sb-129	0.72	1.4	3.98	9.45	8.09E+03	4.43
Te-127m	0.0 1	0.08	0.23	0.54	4.76E+02	0.26
Te-129	0.33	0.93	2.63	6.53	5.50E+03	2.99
Te-129m	0.38	0.82	2.33	5.65	4.79E+03	2.6 1
Te-13 1m	0.65	1.3 1	3.74	8.88	7.61E+03	4. 17
Te- 132	0. 1	0.53	1.54	3.66	3.22E+03	1.73
I-125	0.0 1	0.08	0.23	0.54	4.77E+02	0.26
I-129	0.02	0.09	0.25	0.6	5.26E+02	0.28
I-13 1	0.25	0.93	2.67	6.5	5.59E+03	3.02
I-132	0.63	1.3 1	3.7	8.9 1	7.57E+03	4. 14
I-133	0.47	1.15	3.23	8.05	6.74E+03	3.67
I-134	0.72	1.4	3.98	9.43	8.08E+03	4.43
I-135+Xe-135m <sup>2</sup>	0.98	1.66	4.7	11.06	9.53E+03	5.23
I-135	0.98	1.66	4.7	11.06	9.53 E+03	5.23
Xe-13 1m	0.02	0. 1	0.29	0.7	6.16E+02	0.33
Xe-133	0.03	0.16	0.47	1.11	9.80E+02	0.53
Xe-133m	0.05	0.25	0.73	1.72	1.52E+03	0.82
Xe-135	0. 14	0.72	2. 1	4.99	4.38E+03	2.36
Xe-13 5m	0.4 1	1.07	2.99	7.54	6.27E+03	3.4 1
Xe-138	0.9	1.64	4.79	11.09	9.72E+03	5.26
Cs-134	0.57	1.24	3.5	8.5	7. 19E+03	3.93
Cs-136	0.65	1.32	3.76	8.86	7.62E+03	4. 18
Cs-137+Ba-137m <sup>2</sup>	0.53	1.19	3.35	8.2	6.92E+03	3.77
Cs-137	0	0	0	0	0.00E+00	0
Ba-133	0.16	0.67	1.92	4.63	4.02E+03	2.17
Ba-137m	0.53	1.19	3.35	8.2	6.92E+03	3.77
Ba-140	0.33	0.96	2.69	6.72	5.65E+03	3.06
La-140	0.93	1.64	4.63	11.04	9.47E+03	5.19
Ce- 14 1	0.07	0.37	1.07	2.52	2.23E+03	1.2
Ce-144+Pr- 144m <sup>2</sup>	0.05	0.28	0.82	1.95	1.72E+03	0.93
Pr-144						
Pr- 144m	0.02	0. 1	0.28	0.67	5.88E+02	0.32
Pm-145	0.02	0.11	0.3 1	0.74	6.56E+02	0.35
Pm-147	0.06	0.34	0.99	2.35	2.08E+03	1. 12
Sm-147						
Sm-151	0.0 1	0.03	0.09	0.2 1	1.82E+02	0. 1
Eu-152	0.66	1.32	3.73	8.84	7.59E+03	4. 17
Eu-154	0.74	1.38	3.9 1	9.24	7.92E+03	4.35
Eu-155	0.04	0.23	0.66	1.56	1.37E+03	0.74
Gd-153	0.03	0. 18	0.5 1	1.2 1	1.07E+03	0.57
Tb-160	0.68	1.35	3.84	9.0 1	7.77E+03	4.26
Ho-166m	0.45	1.09	3.1	7.46	6.37E+03	3.48

Radionuclide	d <sub>1/2</sub> [cm]					
	Lead <sup>b</sup>	Iron <sup>c</sup>	Al <sup>a</sup>	Water <sup>c</sup>	Air <sup>b</sup>	Concrete <sup>c</sup>
Tm-170	0.03	0.18	0.51	1.21	1.06E+03	0.57
Yb-169	0.06	0.3	0.87	2.05	1.81E+03	0.97
Hf-181	0.27	0.86	2.41	6.02	5.07E+03	2.75
Ta-182	0.8	1.39	3.94	9.26	7.97E+03	4.39
W-187	0.43	1.03	2.91	7.17	6.04E+03	3.29
Ir-192	0.24	0.92	2.64	6.42	5.52E+03	2.98
Au-198	0.29	0.97	2.74	6.77	5.75E+03	3.11
Hg-203	0.14	0.73	2.13	5.04	4.44E+03	2.39
Tl-204	0.03	0.18	0.53	1.27	1.12E+03	0.6
Pb-210	0.01	0.05	0.15	0.35	3.11E+02	0.17
Bi-207	0.65	1.3	3.68	8.79	7.50E+03	4.11
Bi-210	0	0	0	0	0.00E+00	0
Po-210	0.65	1.31	3.73	8.88	7.58E+03	4.15
Ra-226	0.09	0.48	1.4	3.32	2.93E+03	1.58
Ac-227	0.01	0.08	0.22	0.52	4.57E+02	0.25
Ac-228	0.67	1.35	3.84	9.05	7.79E+03	4.27
Th-227	0.11	0.58	1.69	4.01	3.53E+03	1.9
Th-228	0.02	0.13	0.37	0.88	7.73E+02	0.42
Th-230	0.01	0.05	0.14	0.34	3.02E+02	0.16
Th-232	0.01	0.04	0.12	0.28	2.48E+02	0.13
Pa-231	0.09	0.46	1.35	3.2	2.82E+03	1.51
U-232	0.01	0.04	0.12	0.29	2.59E+02	0.14
U-233	0.01	0.06	0.16	0.39	3.44E+02	0.18
U-234	0.01	0.04	0.12	0.28	2.42E+02	0.13
U-235	0.09	0.46	1.35	3.19	2.81E+03	1.51
U-238	0.01	0.04	0.11	0.27	2.36E+02	0.13
Np-237	0.03	0.12	0.41	0.98	8.62E+02	0.46
Pu-236	0.01	0.04	0.11	0.27	2.39E+02	0.13
Pu-238	0.01	0.04	0.11	0.27	2.37E+02	0.13
Pu-239	0.01	0.04	0.12	0.29	2.58E+02	0.14
Pu-240	0.01	0.04	0.11	0.27	2.37E+02	0.13
Pu-241	0	0	0	0	0.00E+00	0
Pu-242	0.01	0.04	0.11	0.27	2.37E+02	0.13
Am-241	0.02	0.12	0.35	0.82	7.27E+02	0.39
Am-242m	0.01	0.04	0.13	0.3	2.67E+02	0.14
Am-243	0.03	0.18	0.52	1.24	1.09E+03	0.59
Cm-242	0.01	0.04	0.12	0.28	2.48E+02	0.13
Cm-243	0.08	0.43	1.26	2.98	2.63E+03	1.41
Cm-244	0.01	0.04	0.12	0.28	2.47E+02	0.13
Cm-245	0.05	0.27	0.79	1.86	1.64E+03	0.88
Cf-252	0.01	0.04	0.12	0.3	2.61E+02	0.14

Referensi: Perhitungan dibuat oleh Oak Ridge National Laboratory (ORNL) menggunakan program CONDOS. Build up tidak diperhitungkan.

a 0 = < .01.

b 0 = < .99.

c Digunakan yang paling tinggi dari keduanya

### 5.3. Prosedur Sumber Garis dan Tumpahan

#### Tujuan

Untuk menilai dosis efektif atau laju dosis pada suatu jarak tertentu dari sumber atau tumpahan atau menilai aktivitas dari sumber garis atau tumpahan berdasarkan pengukuran laju dosis.

#### Pembahasan

Prosedur ini menggunakan daftar dosis efektif dan laju dosis sebelum dihitung pada jarak 1 m dari sumber titik, dengan asumsi tidak ada shielding. Hal itu dapat digunakan untuk menghitung dosis efektif masyarakat atau pekerja kedaruratan atau alat abca dosis.

#### Masukan

- Aktivitas sumber
- Jarak dari sumber
- Lamanya paparan

#### Keluaran

- Dosis efektif eksternal
- Laju dosis
- Aktivitas sumber dari pengukuran laju dosis

#### Sumber garis

#### Dosis Efektif

Menghitung dosis efektif (radiasi eksternal) dari sumber garis (pipa) menggunakan persamaan di bawah ini :

$$E_{ext} = \frac{\pi \cdot CF_6 \cdot A_1 \cdot T_e}{X}$$

Dimana

- X = Jarak dari sumber garis (pipa) [m]
- $E_{ext}$  = Dosis efektif [mSv]
- $CF_6$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mSv/jam)/(kBq)]
- $A_1$  = Aktivitas sumber setiap 1 m [Bq/m]
- $T_e$  = Lamanya paparan (jam)

#### Laju dosis

Menghitung laju dosis pada jarak X dari sumber titik (pipa) dari persamaan di bawah ini:

$$\dot{D} = \frac{\pi \cdot CF_7 \cdot A_1}{X}$$

Dimana

- $\dot{D}$  = Laju dosis [mGy/jam]
- $CF_7$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mGy/h)/(kBq)]
- X = Jarak dari sumber garis (pipa) [m]
- $A_1$  = Aktivitas setiap 1 m [Bq/m]

## Menghitung aktivitas

Menghitung aktivitas sumber garis (pipa) dari pengukuran laju dosis menggunakan persamaan di bawah ini:

$$A_1 = \frac{\dot{D} \cdot X}{\pi \cdot CF_7}$$

Dimana

- $\dot{D}$  = Laju dosis [mGy/jam]
- $CF_7$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mGy/h)/(kBq)]
- $X$  = Jarak dari sumber garis (pipa) [m]
- $A_1$  = Aktivitas setiap 1 m [Bq/m]

## Tumpahan

### Dosis Efektif

Menghitung dosis efektif (radiasi eksternal) dari tumpahan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$E_{ext} = 2\pi \cdot CF_6 \cdot A_s \cdot T_e \cdot \ln \frac{X^2 + R^2}{X^2}$$

Dimana

- $X$  = Jarak dari tengah-tengah tumpahan [m]
- $R$  = Jari-jari tumpahan [m]
- $E_{ext}$  = Dosis efektif [mSv]
- $CF_6$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mSv/jam)/(kBq)]
- $A_s$  = Aktivitas sumber pada tumpahan [Bq/m<sup>2</sup>]
- $T_e$  = Lamanya paparan (jam)

### Laju Dosis

Menghitung laju dosis pada jarak  $X$  dari tumpahan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\dot{D} = 2\pi \cdot CF_7 \cdot A_s \cdot \ln \frac{X^2 + R^2}{X^2}$$

Dimana

- $\dot{D}$  = Laju dosis [mGy/jam]
- $CF_7$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mGy/h)/(kBq)]
- $X$  = Jarak dari tengah-tengah tumpahan [m]
- $R$  = Jari-jari tumpahan [m]
- $A_s$  = Aktivitas tumpahan [Bq/m<sup>2</sup>]

## Menghitung aktivitas

Menghitung aktivitas spill berdasarkan pengukuran laju dosis menggunakan persamaan di bawah ini:

$$A_s = \frac{\dot{D}}{2\pi \cdot CF_7 \cdot \ln \frac{X^2 + R^2}{X^2}}$$

Dimana

- $\dot{D}$  = Laju dosis [mGy/jam]
- $CF_7$  = Faktor konfersi berdasarkan tabel E1 [(mGy/h)/(kBq)]
- $X$  = Jarak dari tengah-tengah tumpahan [m]
- $R$  = Jari-jari tumpahan [m]
- $A_s$  = Aktivitas setiap 1 m [Bq/m<sup>2</sup>]

## 5.4. Prosedur Kontaminasi Tanah.

### Tujuan

Mengkaji dosis efektif dari paparan terhadap kontaminasi tanah

### Pembahasan

Dosis efektif termasuk dosis eksternal dan dosis terikat dari penghirupan (resuspensi) yang berasal dari sisa kontaminasi tanah selama periode yang menjadi perhatian – bulan pertama, bulan kedua atau sepanjang tahun (50 tahun). Konsentrasi radionuklida secara komprehensif dan representatif pada tanah dikenal sebagai dosis efektif dapat diestimasi berdasarkan pengukuran dosis ambang atau tingkat konsentrasi radionuklida penanda. Perisai dan pengisian parsial dapat dijadikan pertimbangan. Prosedur ini untuk pengkaji Radiologi

### Input

- Konsentrasi radionuklida di tanah
- Laju dosis ambang
- Lamanya paparan

### Output

- Dosis efektif dari pengendapan

### Langkah – Langkah

1. Dapatkan konsentrasi radionuklida di tanah dan laju dosis ambang menggunakan prosedur monitoring dalam referensi [6].
2. Estimasi dosis efektif dari pengendapan selama periode yang menjadi perhatian.

***Berdasarkan konsentrasi komprehensif radionuklida pada tanah***

Gunakan persamaan:

$$E_{ext} = \sum_{i=1}^n \bar{C}_{g,i} \cdot CF_{4,i}$$

Dimana

$E_{ext}$  = Dosis efektif dari pengendapan selama periode yang menjadi perhatian [mSv]

$\bar{C}_{g,i}$  = Konsentrasi pengendapan rata-rata radionuklida  $i$  [kBq/ m<sup>2</sup>]

$CF_{4,i}$  = Faktor konversi dari tabel E3; dosis efektif per unit pengendapan untuk radionuklida  $i$ ; termasuk dosis eksternal dan dosis efektif terikat dari penghisapan akibat resuspensi yang berasal dari sisa tanah yang terkontaminasi selama periode yang menjadi perhatian

$n$  = Jumlah radionuklida



**Berdasarkan laju dosis ambang**

Gunakan persamaan

$$E_{ext} = H_g^* \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_{g,i}^{rep} \cdot CF_{4,i}}{\sum_{i=1}^n C_{g,i}^{rep} \cdot CF_{3,i}}$$

Dimana

$H_g^*$  = laju dosis ambang pada jarak 1 m diatas tanah dari tanah yang terkontaminasi [mSv/h]

$CF_{3,i}$  = Faktor konversi dari tabel E3; laju dosis ambang pada jarak 1 m diatas tanah per unit pengendapan untuk radionuklida  $i$

$C_{g,i}^{rep}$  = Representasi konsentrasi pengendapan (tanah) radionuklida  $i$  [kBq/m<sup>2</sup>]

**Berdasarkan tingkat konsentrasi radionuklida penanda**

Gunakan persamaan:

$$E_{ext} = C_{g,j}^{sam} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_{g,i}^{rep} \cdot CF_{4,i}}{C_{g,j}^{rep}}$$

Dimana

$C_{g,j}^{sam}$  = Konsentrasi radionuklida penanda  $j$  dalam sampel pengendapan [kBq/m<sup>2</sup>]

$C_{g,j}^{rep}$  = Representasi konsentrasi pengendapan (tanah) radionuklida penanda  $j$  [kBq/m<sup>2</sup>]

**3. Sesuaikan dosis efektif dari pengendapan dengan memperhitungkan perisai dan pengisian parsial.**

Gunakan persamaan berikut:

$$E_{ext}^{po} = E_{ext} \cdot [SF \cdot OF + (1 - OF)]$$

$E_{ext}^{po}$  = Dosis efektif dari pengendapan selama periode yang menjadi perhatian dengan memperhitungkan perisai dan pengisian parsial [mSv]

SF = Faktor perisai dari pengukuran selama pengisian atau dari tabel E4

OF = Fraksi ; fraksi waktu faktor perisai SF dapat diterapkan, contoh fraksi waktu selama didalam ruang; diasumsikan bahwa selama waktu tersebut, tidak ada perisai; kegagalan – 0.6

**TABEL E3. FAKTOR KONVERSI UNTUK PAPARAN PADA KONTAMINASI TANAH**

Radionuklida	Faktor konversi $CF_3^a$ laju dosis ambang dari pengendapan [(mSv/h)/(kBq/m <sup>2</sup> )]	Faktor konversi $CF_4^b$ dosis efektif dari pengendapan [(mSv/kBq/m <sup>2</sup> )]		
		Bulan ke-1	Bulan ke-2	50 tahun
H-3	0.0E+00	NC	NC	NC
C-14	5.7E-11	5.2E-07	4.9E-07	1.0E-04
Na-22	7.4E-06	3.7E-03	3.4E-03	8.4E-02
Na-24	1.3E-05	2.0E-04	0.0E+00	2.0E-04
P-32	1.0E-08	5.3E-06	1.2E-06	6.8E-06
P-33	1.6E-10	1.1E-06	4.4E-07	1.8E-06
S-35	5.9E-11	1.2E-06	8.7E-07	4.7E-06

Radionuklida	Faktor konversi CF <sub>3</sub> <sup>a</sup> laju dosis ambang dari pengendapan [(mSv/h)/(kBq/m <sup>2</sup> )]	Faktor konversi CF <sub>4</sub> <sup>b</sup> dosis efektif dari pengendapan [(mSv/kBq/m <sup>2</sup> )]		
		Bulan ke-1	Bulan ke-2	50 tahun
Cl-36	2.4E-09	8.1E-06	7.7E-06	1.6E-03
K-40	5.2E-07	2.6E-04	2.5E-04	5.3E-02
K-42	9.4E-07	1.2E-05	0.0E+00	1.2E-05
Ca-45	1.6E-10	2.9E-06	2.4E-06	1.8E-05
Sc-46	6.8E-06	3.0E-03	2.2E-03	1.2E-02
Ti-44+Sc-44	7.8E-06	4.0E-03	3.8E-03	5.9E-01
V-48	9.8E-06	2.8E-03	7.1E-04	3.7E-03
Cr-51	1.1E-07	3.8E-05	1.7E-05	6.9E-05
Mn-54	2.9E-06	1.4E-03	1.2E-03	1.4E-02
Mn-56	5.6E-06	1.5E-05	0.0E+00	1.5E-05
Fe-55	0.0E+00	9.1E-07	8.5E-07	2.2E-05
Co-58	3.4E-06	1.6E-03	9.4E-04	3.9E-03
Fe-59	4.0E-06	NC	NC	NC
Co-60	8.3E-06	4.2E-03	3.9E-03	1.7E-01
Ni-63	0.0E+00	5.3E-07	5.0E-07	9.1E-05
Cu-64	6.6E-07	8.6E-06	0.0E+00	8.6E-06
Zn-65	2.0E-06	9.4E-04	8.2E-04	8.0E-03
Ga-68	3.3E-06	NC	NC	NC
Ge-68+Ga-68	3.3E-06	1.6E-03	1.4E-03	1.5E-02
Se-75	1.3E-06	6.2E-04	4.9E-04	3.1E-03
Kr-85	9.3E-09	NC	NC	NC
Kr-85m	5.4E-07	NC	NC	NC
Kr-87	2.6E-06	NC	NC	NC
Kr-88+Rb-88	8.2E-06	NC	NC	NC
Rb-86	3.3E-07	1.0E-04	3.2E-05	1.5E-04
Rb-87	3.1E-10	NC	NC	NC
Rb-88	2.1E-06	NC	NC	NC
Sr-89	8.0E-09	1.1E-05	6.6E-06	2.8E-05
Sr-90	1.0E-09	1.7E-04	1.6E-04	2.1E-02
Sr-91	2.4E-06	3.4E-05	7.5E-08	3.4E-05
Y-90	1.9E-08	1.7E-06	6.7E-10	1.7E-06
Y-91	2.0E-08	1.7E-05	1.1E-05	4.9E-05
Y-91m	1.9E-06	1.6E-06	6.5E-09	1.6E-06
Zr-93	0.0E+00	2.2E-05	2.1E-05	4.8E-03
Zr-95	2.6E-06	1.4E-03	1.3E-03	6.8E-03
Nb-94	5.4E-06	2.7E-03	2.6E-03	5.5E-01
Nb-95	2.6E-06	1.0E-03	5.2E-04	2.1E-03
Mo-99+Tc-99m	9.5E-07	6.1E-05	3.1E-08	6.1E-05
Tc-99	2.8E-10	4.1E-06	3.9E-06	8.2E-04
Tc-99m	4.3E-07	2.7E-06	1.2E-14	2.7E-06
Ru-103	1.6E-06	6.4E-04	3.6E-04	1.5E-03
Ru-105	2.7E-06	1.4E-05	1.8E-12	1.4E-05
Ru-106+Rh-106	7.5E-07	4.2E-04	3.8E-04	4.8E-03
Ho-166m	6.0E-06	3.1E-03	2.9E-03	6.1E-01
Tm-170	2.1E-08	1.6E-05	1.3E-05	8.5E-05
Yb-169	1.1E-06	4.0E-04	2.0E-04	7.9E-04
Hf-172	4.0E-07	NC	NC	NC
Hf-181	1.9E-06	7.7E-04	4.5E-04	1.8E-03
Ta-182	4.3E-06	2.0E-03	1.6E-03	9.7E-03
W-187	1.7E-06	4.1E-05	0.0E+00	4.1E-05
Ir-192	2.8E-06	1.2E-03	8.9E-04	4.4E-03
Au-198	1.4E-06	9.4E-05	3.9E-08	9.4E-05
Hg-203	8.2E-07	3.3E-04	2.0E-04	8.5E-04
Tl-204	5.2E-09	4.0E-06	3.8E-06	1.2E-04
Pb-210	8.8E-09	1.9E-03	2.2E-03	5.9E-01
Bi-207	5.2E-06	2.6E-03	2.5E-03	3.4E-01
Bi-210	3.7E-09	1.2E-04	1.1E-04	7.3E-04
Po-210	2.9E-11	3.5E-03	2.9E+03	2.0E-02
Ra-226	2.3E-08	9.2E-03	9.2E-03	1.9E+00
Ac-227	5.5E-10	4.6E-01	4.4E-01	5.1E+01
Ac-228	3.3E-06	3.6E-05	1.4E-05	3.0E-04
Th-227	3.7E-07	7.7E-03	3.7E-03	1.3E-02
Th-228	8.3E-09	4.2E-02	3.9E-02	7.7E-01

Radionuklida	Faktor konversi CF <sub>3</sub> <sup>a</sup> laju dosis ambang dari pengendapan [(mSv/h)/(kBq/m <sup>2</sup> )]	Faktor konversi CF <sub>4</sub> <sup>b</sup> dosis efektif dari pengendapan [(mSv/kBq/m <sup>2</sup> )]		
		Bulan ke-1	Bulan ke-2	50 tahun
Th-230	2.7E-09	3.7E-02	3.5E-02	7.5E+00
Th-231	6.5E-08	NC	NC	NC
Th-232	1.9E-09	1.9E-01	1.8E-01	4.6E+01
Pa-231	1.4E-07	1.2E-01	1.1E-01	6.7E+01
Pa-233	6.9E-07	NC	NC	NC
U-232	3.6E-09	3.2E-02	3.1E-02	1.2E+01
U-233	2.5E-09	8.0E-03	7.6E-03	1.7E+00
U-234	2.6E-09	7.9E-03	7.4E-03	1.6E+00
U-235	5.2E-07	7.4E-03	7.0E-03	1.5E+00
U-236	2.3E-09	7.3E-03	6.9E-03	1.5E+00
U-238	1.9E-09	6.8E-03	6.4E-03	1.4E+00
U Dep&Natf	1.9E-09	6.8E-03	6.4E-03	1.4E+00
U Enrichf	2.6E-09	7.9E-03	7.4E-03	1.6E+00
UF6g(sol 234)	2.6E-09	7.9E-03	7.4E-03	1.6E+00
Np-237	1.0E-07	2.6E-02	2.5E-02	5.3E+00
Np-239	5.8E-07	3.4E-05	6.4E-09	3.4E-05
Pu-236	3.5E-09	1.6E-02	1.5E-02	8.0E-01
Pu-238	3.0E-09	3.9E-02	3.7E-02	6.6E+00
Pu-239	1.3E-09	4.2E-02	4.0E-02	8.5E+00
Pu-240	2.8E-09	4.2E-02	4.0E-02	8.4E+00
Pu-241	6.8E-12	7.6E-04	7.2E-04	1.9E-01
Pu-242	2.4E-09	4.0E-02	3.8E-02	8.0E+00
Am-241	9.7E-08	3.5E-02	3.3E-02	6.7E+00
Am-242m	1.1E-08	3.2E-02	3.0E-02	6.3E+00
Am-243	1.9E-07	3.5E-02	3.3E-02	7.0E+00
Cm-242	3.4E-09	4.2E-03	3.5E-03	5.9E-02
Cm-243	4.4E-07	3.5E-02	3.3E-02	4.3E+00
Cm-244	3.1E-09	2.9E-02	2.7E-02	2.8E+00
Cm-245	3.1E-07	5.0E-02	4.7E-02	1.0E+01
Cf-252	2.6E-09	1.7E-02	1.5E-02	3.9E-01

Referensi: [15, 16, 17]

- <sup>a</sup> Berdasarkan pada faktor "Konversi Dosis untuk Paparan pada Permukaan Tanah yang Terkontaminasi" dari *Paparan Eksterna ke Radionuklida di Udara, Air dan Tanah* [15], Tabel III.3. Dosis efektif dikalikan dengan 1,4 untuk mengestimasi laju dosis ambang seperti yang direkomendasikan oleh EPA [16]. Dosis eksternal dari anak peluruhan yang diperkirakan berada dalam keseimbangan disertakan jika tercatat.
- <sup>b</sup> Laju resuspensi awal untuk area non-kering (1E-6) adalah dari *Tingkat Intervensi Turunan dalam Mengontrol Dosis Radiasi terhadap Masyarakat pada Kejadian Kecelakaan Nuklir atau Kedaruratan Radiologi* [17].
- <sup>c</sup> Radionuklida yang paling memberikan kontribusi terhadap dosis paparan eksternal dari pengendapan untuk kecelakaan reaktor.
- NC tidak diperhitungkan (Not-calculated).

Tabel E3 berisi faktor konversi dosis untuk periode bulan pertama, kedua dan 50 tahun paparan pada kontaminasi tanah. Peluruhan, pertumbuhan dan cuaca telah dipertimbangkan. Faktor konversi berdasarkan pada RASCAL Internasional (NRC95). Faktor konversi laju dosis ambang (CF<sub>3</sub>) adalah laju paparan pada jarak 1 m di atas tanah dari 1 kBq/m<sup>2</sup> pengendapan isotop *i*, dengan koreksi untuk kekasaran tanah. CF<sub>4</sub> termasuk dosis dari paparan eksternal dan dosis penghisapan dari resuspensi. Faktor resuspensi awal Rs= 1E-6 m<sup>-1</sup> digunakan karena ini diperkirakan menjadi batas atas (konservatif) pengasumsian pengendapan cuaca (tua). Bagaimanapun, banyak faktor resuspensi lebih rendah telah dilihat pada kecelakaan sebenarnya.

TABEL E4. FAKTOR PERISAI UNTUK DEPOSISI PERMUKAAN

Struktur atau lokasi	Representasi SF (a)	Representasi jangkauan
1 m diatas permukaan halus	1,0	-
1 m diatas tanah biasa	0,7	0,47 – 0,85
Rumah dengan rangka kayu berlantai satu dan dua ( tanpa ruang bawah tanah)	0,4	0,2 – 0,5
Rumah dari batu dan bata berlantai satu dan dua (tanpa ruang bawah tanah)	0,2	0,04 – 0,4
Ruang bawah tanah, satu atau dua dinding terpapar seluruhnya		
• Lantai satu, kurang dari 1 m dinding ruang bawah tanah terpapar	0,1	0,03 – 0,15
• Lantai dua, kurang dari 1 m dinding ruang bawah tanah terpapar	0,05	0,03 – 0,07
Struktur tiga atau empat lantai (500 sampai 1000 m <sup>2</sup> per lantai) <sup>(b)</sup>		
• Lantai pertama dan kedua	0,05	0,01 – 0,08
• Lantai bawah tanah	0,01	0,001 – 0,07
Struktur multi lantai (> 1000m <sup>2</sup> per lantai) <sup>(b)</sup>		
• Lantai atas	0,01	0,001 – 0,02
• Lantai bawah tanah	0,005	0,001 – 0,15

Referensi: [18]

- a Perbandingan dosis interior terhadap eksterior; jauh dari pintu dan jendela.
- b Nilai SF sesuai jika deposisi di dalam diabaikan, contoh deposisi basah di luar; untuk deposisi kering nilai tersebut bisa lebih besar tergantung pada laju perpindahan udara [20]

## 5.5 Prosedur Kontaminasi Kulit

### Tujuan

Mengkaji dosis beta kulit yang berasal dari bahan yang terdeposit pada kulit atau pakaian.

### Pembahasan

Dosis kulit sangat sulit diukur secara langsung dan karenanya umumnya diestimasi. Dosis beta pada kulit, menunjukkan konsentrasi radionuklida di udara, bergantung pada laju deposisi bahan dari atmosfer ke kulit dan pakaian serta ketahanannya. Terdapat banyak ketidakpastian berkaitan dengan parameter karena kurangnya data percobaan deposisi dari bahan yang relevan pada kulit dan dalam memprediksikan kebiasaan individu beberapa bulan setelah kecelakaan. Laju dosis beta pada kulit yang ditunjukkan dalam konsentrasi permukaan rata-rata radionuklida pada kulit biasanya memberikan estimasi yang lebih terpercaya untuk jalur paparan ini. Bagaimanapun, data dalam literatur dapat bervariasi banyak sesuai dengan besarnya keparahan. Faktor konversi laju dosis beta pada kulit yang diberikan dalam Tabel E5 diambil dari referensi [20].

Dosis beta pada kulit dari bahan di udara menjadi penting hanya untuk radionuklida gas nobel. Untuk radionuklida lain tidak signifikan dibandingkan dengan paparan dari jalur yang lain. Prosedur ini untuk pengkaji radiologi

### Input

- Konsentrasi permukaan rata-rata radionuklida pada kulit atau pakaian

### Output

- Dosis ekuivalen (beta) pada kulit

### Langkah Langkah

1. Estimasi dosis beta kulit dari persamaan berikut:

$$H_{s,i} = \bar{C}_{s,i} \cdot CF_{8,i} \cdot SF_b \cdot T_e$$
$$H_s = \sum_i H_{s,i}$$

Dimana

$H_s$  = dosis ekuivalen pada kulit [mSv]

$\bar{H}_{s,i}$  = dosis ekuivalen pada kulit dari radionuklida  $i$  [mSv]

$C_{s,i}$  = konsentrasi permukaan rata-rata radionuklida  $i$  pada kulit atau pakaian [Bq/cm<sup>2</sup>]

$CF_{8,i}$  = faktor konversi laju dosis beta kulit untuk radionuklida  $i$  dari Tabel E5 [(mSv/h/ (Bq/cm<sup>2</sup>))]

$SF_{\square}$  = faktor perisai untuk memperhitungkan perisai dari pakaian, contoh hanya memperhitungkan pakaian (musim semi, panas/ gugur dan dingin) nilai representasi faktor perisai kurang lebih 0,2 – 0,3 dan 0,001 [21]

$T_c$  = waktu lamanya paparan [h]

TABEL E5. FAKTOR KONVERSI LAJU DOSIS BETA KULIT – LAJU DOSIS BETA KULIT DARI BAHAN YANG TERDEPOSIT PADA KULIT ATAU PAKAIAN

Radionuklida	T <sub>1/2</sub>	Unit	CF <sub>8</sub> [( $\mu$ Sv/h)/(Bq/ cm <sup>2</sup> )]	Radionuklida	T <sub>1/2</sub>	Unit	CF <sub>8</sub> [( $\mu$ Sv/h)/(Bq/ cm <sup>2</sup> )]
H-3	12.3	a	0	Tc-99	2.10E+05	a	1.2
C-14	5730	a	0.32	Ru-103/ Rh-103m	39.3	d	0.78
F-18	1.83	h	1.9	Ru-106/ Rh-106	372.6	d	2.2
Na-22	2.6	a	1.7	Ag-110m	249.8	d	0.68
Na-24	15	h	2.2	Ag-111	7.5	d	1.8
Al-26	7.20E+05	a	1.8	Cd-109	462.6	d	0.54
P-32	14.3	d	1.9	In-111	2.8	d	0.38
P-33	25.6	d	0.86	In-113m	1.66	h	0.73
S-35	87.5	d	0.35	In-115m	4.49	h	1.3
Cl-36	3.00E+05	a	1.8	Sn-125	9.64	d	2.3
K-40	1.30E+09	a	1.5	Sb-122	2.7	d	2.2
K-42	12.4	h	2.2	Sb-124	60.2	d	2.2
K-43	22.2	h	1.9	Sb-126	12.4	d	1.8
Ca-45	163	d	0.84	Te-123m	119.7	d	1.1
Ca-47/Sc-47	4.54	d	3.5	Te-132	3.26	d	0.78
Sc-46	83.8	d	1.4	I-123	13.2	h	0.38
Sc-47	3.4	d	1.5	I-124	4.18	d	0.52
Cr-51	27.7	d	0.015	I-125	60.1	d	0.021
Mn-52	5.6	d	0.761	I-131	8	d	1.6
Mn-54	312	d	0.062	Cs-131	9.69	d	0.01
Mn-56	2.58	h	2.4	Cs-134	2.07	a	1.4
Fe-52	8.26	h	1.1	Cs-137	30.2	a	1.6
Fe-55	2.68	a	0.016	Ba-133	10.5	a	0.13
Fe-59	44.5	d	0.97	Ba-140/La-140	12.8	d	3.8
Co-56	77.1	d	0.55	La-140	1.7	d	2.1
Co-57	271.8	d	0.12	Ce-139	137.6	d	0.49
Co-58	70.8	d	0.3	Ce-141	32.5	d	1.8
Co-60	5.27	a	0.78	Ce-143	1.38	d	2
Ni-63	100	a	0	Pr-143	13.6	d	1.7
Ni-65	2.52	h	2.2	Pm-147	2.6	a	0.6
Cu-64	12.7	h	1	Sm-153	1.95	d	1.6
Cu-67	2.58	d	1.3	Eu-152	13.5	a	0.92
Zn-65	243.9	d	0.076	Eu-154	8.59	a	2.1
Ga-66	9.45	h	1.6	Eu-156	15.2	d	1.2
Ga-67	3.26	d	0.35	Er-169	9.4	d	1.1
Ga-68	1.13	h	1.8	Yb-169	32	d	1
As-76	1.1	d	2.1	Re-186	3.78	d	1.8
Se-75	119.8	d	0.14	Re-188	17	h	2.3
Br-77	2.38	d	0.01	Ir-192	73.8	d	1.9
Br-82	1.47	d	1.5	Au-198	2.7	d	1.7
Rb-87	18.64	d	1.9	Hg-197	2.67	d	0.092
Sr-85	64.8	d	0.06	Hg-203	46.6	d	0.89
Sr-89	50.5	d	1.8	Tl-201	3.04	d	0.27
Sr-90/Y-90	29.1	a	3.5	Tl-204	3.8	a	1.6
Y-90	2.7	d	2	Pb-210	22.2	a	0.0084
Zr-95/Nb-95	64	d	1.6	Po-210	138.4	d	6.90E-07
Mo-99/Tc-99m	2.75	d	1.9	U-235	7.04E+08	a	0.18
Tc-99m	6	h	0.25	Am-241	432.7	a	0.019
U-238	4.47E+09	a	2.30E-03	Cm-244	18.1	a	2.20E-03
Pu-238	87.7	a	3.70E-03	Cf-252	2.65	a	3.20E-03
Pu-239	2.41E+04	a	1.40E-03				

Referensi: [20]

CF<sub>8</sub> faktor konversi laju dosis beta kulit; laju dosis beta kulit per unit deposit radionuklida pada kulit.

### **CATATAN**

Laju dosis adalah terhadap lapisan basal kulit (kedalaman 70 mm) akibat sinar beta dan elektron. Kontribusi gamma pada laju dosis umumnya hanya beberapa persen. Kontaminasi dianggap tersebar merata di seluruh kulit (deposit tipis tertentu)

## 5.6 Prosedur Inhalasi

### Tujuan

Mengkaji dosis efektif terikat dan dosis ekuivalen pada tiroid akibat penghisapan.

### Pembahasan

Radionuklida yang dilepaskan ke atmosfer akan meningkatkan paparan melalui radiasi eksternal dan melalui penghisapan plume yang lewat. Selama penyebaran radionuklida dapat terdeposit di atas tanah, tergantung pada bentuk fisiknya. Radionuklida dapat ditransfer kembali ke dalam atmosfer melalui angin atau gangguan mekanis (resuspensi). Prosedur ini hanya digunakan untuk penghisapan.

### Input

- Konsentrasi radionuklida dalam udara
- Lamanya penghisapan

### Output

- Dosis efektif terikat dari penghisapan
- Dosis ekuivalen terikat pada tiroid

### Langkah – Langkah

1. Dapatkan konsentrasi zat radioaktif di udara yang merupakan kontributor utama pada tiroid dan dosis efektif baik melalui pengukuran menggunakan prosedur yang sesuai dalam referensi [6] atau melalui estimasi kasar menggunakan prosedur E5a.

*Dosis efektif terikat dari penghisapan*

2. Estimasi dosis efektif terikat dari penghisapan menggunakan persamaan berikut:

$$E_{inh} = \sum_{i=1}^n \bar{C}_{a,i} \cdot CF_{2,i} \cdot T_e$$

Dimana

$\bar{C}_{a,i}$  = konsentrasi rata-rata radionuklida  $i$  dalam udara [ $\text{kBq}/\text{m}^3$ ]

$CF_{2,i}$  = faktor konversi untuk radionuklida  $i$  dari tabel E6; laju pernafasan diasumsikan sebesar  $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$  sesuai rekomendasi ICRP untuk orang dewasa yang melakukan aktivitas ringan[22]

$E_{inh}$  = dosis efektif terikat dari penghisapan [ $\text{mSv}$ ]

$T_e$  = waktu lamanya paparan plume [ $\text{h}$ ]

*Dosis ekuivalen terikat pada tiroid*

3. Estimasi dosis ekuivalen terikat pada tiroid menggunakan persamaan

$$H_{thy} = \sum_{i=1}^n \bar{C}_{a,i} \cdot CF_{1,i} \cdot T_e$$



Dimana

$H_{thy}$  = dosis ekuivalen terikat pada tiroid [mSv]

$CF_{1,i}$  = faktor konversi tiroid untuk radionuklida  $i$  (Tellurium atau Iodin) dari tabel E7; laju dosis diasumsikan 1,5 m<sup>3</sup>/h dan 1,12 m<sup>3</sup>/h sesuai dengan rekomendasi ICRP untuk orang dewasa dan anak usia 10 tahun yang melakukan aktivitas ringan [22]

TABEL E6. DOSIS EFEKTIF TERIKAT SETELAH SATU JAM PENGHISAPAN UDARA YANG TERKONTAMINASI – UNTUK DEWASA

Radionuklida	Faktor konversi CF2 [(mSv/h)/(kBq/m <sup>3</sup> )]	Radionuklida	Faktor konversi CF2 [(mSv/h)/(kBq/m <sup>3</sup> )]
H-3a	7.8E-04	Ru-105	2.7E-04
C-14	8.7E-03	Ru-106	1.0E-01
Na-22	2.0E-03	Rh-103m	4.1E-06
Na-24	4.1E-04	Rh-105	5.3E-04
P-32	5.1E-03	Rh-106	1.7E-04
P-33	2.3E-03	Ag-110m	2.0E-02
S-35 org.	2.9E-03	Cd-109	1.2E-02
S-35 inorg.	2.1E-03	Cd-113m	1.7E-01
Cl-36	1.1E-02	Cd-115	1.7E-03
K-40	3.2E-03	In-113m	3.0E-05
K-42	1.8E-04	In-114m	1.4E-02
Ca-45	5.6E-03	In-115	5.9E-01
Sc-44	2.7E-04	In-115m	8.9E-05
Sc-46	1.0E-02	Sn-113	4.1E-03
Ti-44	2.0E-01	Sn-123	1.2E-02
V-48	3.6E-03	Sn-126	4.2E-02
Cr-51	5.6E-05	Sb-124	1.3E-02
Mn-54	2.4E-03	Sb-126	4.8E-03
Mn-56	1.8E-04	Sb-126m	3.0E-05
Fe-55	1.2E-03	Sb-127	2.9E-03
Fe-59	6.0E-03	Sb-129	3.8E-04
Co-58	3.2E-03	Sb-131	6.6E-05
Co-60	4.7E-02	Te-127	2.1E-04
Ni-63	2.0E-03	Te-127m	1.5E-02
Cu-64	1.8E-04	Te-129	5.9E-05
Zn-65	3.3E-03	Te-129m	1.2E-02
Ga-68	7.4E-05	Te-131	4.2E-05
Ge-68	2.1E-02	Te-131m	1.4E-03
Se-75	2.0E-03	Te-132	3.0E-03
Kr-85	NC	I-125	7.7E-03
Kr-85m	NC	I-129	5.4E-02
Kr-87	NC	I-131	1.1E-02
Kr-88	NC	I-132	1.7E-04
Rb-86	1.4E-03	I-133	2.3E-03
Rb-87	7.5E-04	I-134	8.3E-05
Rb-88	2.4E-05	I-135	4.8E-04
Sr-89	1.2E-02	Xe-131m	NC
Sr-90	2.4E-01	Xe-133	NC
Sr-91	6.2E-04	Xe-133m	NC
Y-90	2.3E-03	Xe-135	NC
Y-91	1.3E-02	Xe-135m	NC
Y-91m	1.7E-05	Xe-138	NC
Zr-93	3.8E-02	Cs-134	3.0E-02
Zr-95	8.9E-03	Cs-134m	9.0E-05

Radionuklida	Faktor konversi CF2 [(mSv/h)/(kBq/m <sup>3</sup> )]	Radionuklida	Faktor konversi CF2 [(mSv/h)/(kBq/m <sup>3</sup> )]
Zr-97	1.4E-03	Cs-135	1.3E-02
Nb-93m	2.7E-03	Cs-136	4.2E-03
Nb-94	7.4E-02	Cs-137	5.9E-02
Nb-95	2.7E-03	Cs-138	6.5E-05
Nb-95m	1.3E-03	Ba-133	1.5E-02
Nb-97	6.8E-05	Ba-137m	NC
Mo-99	1.5E-03	Ba-140	8.7E-03
Tc-99	2.0E-02	La-140	1.7E-03
Tc-99m	2.9E-05	La-141	2.3E-04
Ru-103	4.5E-03	Ce-141	5.7E-03
Ce-143	1.2E-03	Ra-223	1.3E+01
Ce-144	8.0E-02	Ra-224	5.1E+00
Pr-143	3.6E-03	Ra-225	1.2E+01
Pr-144	2.7E-05	Ra-226	1.4E+01
Pr-144m	NC	Ra-228	2.4E+01
Pm-145	5.4E-03	Ac-225	1.3E+01
Pm-147	7.5E-03	Ac-227	8.1E+02
Nd-147	3.6E-03	Ac-228	3.8E-02
Sm-147	1.4E+01	Th-227	1.5E+01
Sm-151	6.0E-03	Th-228	6.0E+01
Eu-152	6.3E-02	Th-229	3.6E+02
Eu-154	8.0E-02	Th-230	1.5E+02
Eu-155	1.0E-02	Th-231	5.0E-04
Gd-152	2.9E+01	Th-232	1.7E+02
Gd-153	3.2E-03	Th-234	1.2E-02
Tb-160	1.1E-02	Pa-231	2.1E+02
Ho-166m	1.8E-01	Pa-233	5.9E-03
Tm-170	1.1E-02	Pa-234	6.0E-04
Yb-169	4.5E-03	U-232	5.6E+01
Hf-172	4.8E-02	U-233	1.4E+01
Hf-181	7.5E-03	U-234	1.4E+01
Ta-182	1.5E-02	U-235	1.3E+01
Re-187	9.5E-06	U-236	1.3E+01
W-187	2.9E-04	U-238	1.2E+01
Ir-192	9.9E-03	U Dep&Nat	1.2E+01
Au-198	1.3E-03	U Enrich	1.4E+01
Hg-203 org.	9.6E-04	UF6	1.4E+01
Hg-203 inorg.	3.6E-03	Np-237	7.5E+01
Tl-204	5.9E-04	Np-239	1.5E-03
Pb-209	9.2E-05	Pu-236	6.0E+01
Pb-210	8.4E+00	Pu-238	1.7E+02
Pb-211	1.8E-02	Pu-239	1.8E+02
Pb-212	2.9E-01	Pu-240	1.8E+02
Pb-214	2.3E-02	Pu-241	3.5E+00
Bi-207	8.4E-03	Pu-242	1.7E+02
Bi-210	1.4E-01	Am-241	1.4E+02
Bi-212	4.7E-02	Am-242	3.0E-02
Bi-213	4.5E-02	Am-242m	1.4E+02
Bi-214	2.1E-02	Am-243	1.4E+02
Po-210	6.5E+00	Cm-242	8.9E+00
Fr-223	1.3E-03	Cm-243	1.0E+02
		Cm-244	8.6E+01
		Cm-245	1.5E+02
		Cm-248	5.4E+02
		Cf-252	3.0E+01

### CATATAN

Dosis efektif terikat per unit pemasukan melalui penghisapan untuk usia lain dapat ditemukan dalam IAEA BSS [2]. Dalam tabel E6 menggunakan nilai tertinggi dari IAEA BSS (pendekatan konservatif) dan diasumsikan laju dosis 1,5 m<sup>3</sup>/h (rekomendasi ICRP untuk orang dewasa yang melakukan aktivitas ringan [22]).

TABEL E7. DOSIS EKUIVALEN TERIKAT PADA TIROID SETELAH SATU JAM PENGHISAPAN UDARA TERKONTAMINASI

Radionuklida	Faktor konversi CF1 [(mSv/h)/(kBq/m <sup>3</sup> )]	
	Dewasa	10 Tahun
Te-131m	2.0E-02	3.7E-02
Te-132	3.8E-02	6.8E-02
I-125	1.5E-01	2.5E-01
I-129	1.1E+00	1.5E+00
I-131	2.3E-01	4.1E-01
I-132	2.1E-03	3.8E-03
I-133	4.2E-02	8.3E-02
I-134	3.9E-04	7.3E-04
I-135	8.6E-03	1.7E-02

Referensi: [23]

### CATATAN

Untuk kemudahan, faktor konversi diberikan dalam mSv yang diperoleh dalam satu jam, penghisapan konsentrasi udara 1 kBq/m<sup>3</sup>. Dalam tabel E7 digunakan nilai tertinggi dari [22] untuk partikulat aerosol (pendekatan konservatif). Diasumsikan laju dosis sebesar 1,5 m<sup>3</sup>/jam dan 1,12 m<sup>3</sup>/jam untuk orang dewasa dan anak usia 10 tahun (rekomendasi ICRP untuk yang melakukan aktivitas ringan [22]).

## 5.7. Prosedur Mengkaji Konsentrasi Radionuklida di Udara.

### Tujuan

Untuk mengkaji konsentrasi radionuklida di udara berdasar pada laju pelepasan radionuklida.

### Pembahasan

Pelepasan radionuklida ke atmosfer akan menyebar. Konsentrasi pada level dasar pada jarak spesifik dari titik lepasan akan bergantung pada kualitas lepasan, ketinggian titik lepasan, kondisi meteorologi setempat, panas yang ditimbulkan lepasan, endapan tanah, bentuk fisik dan kimia dari material lepasan, dan faktor-faktor lain. Prosedur ini untuk Pengkaji Radiologi

Cara terbaik untuk mengkaji konsentrasi radionuklida di udara adalah dengan melakukan pengukuran langsung. Bagaimanapun akan ada kekurangan pada metode pengukuran disini yang akan memberikan perkiraan kasar. Metode ini HANYA berlaku jika:

- i. Laju pelepasan, arah angin, kecepatan angin konstan
- ii. kondisi meteorologi dan daerah yang sederhana
- iii. Ketinggian pelepasan adalah level dasar
- iv. Keadaan tidak hujan, dan
- v. Disana terjadi lepasan tunggal

### Input

- Laju pelepasan
- Kecepatan angin rata-rata

### Output

- Konsentrasi Radionuklida di udara

### Langkah – Langkah

1. Perkiraan konsentrasi dari radionuklida  $i$  di udara dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C_{a,i} = \frac{Q_i \cdot DF_m}{u}$$

Dimana

- $C_{a,i}$  = Konsentrasi radionuklida  $i$  di udara [ $\text{kBq}/\text{m}^3$ ]
- $Q_i$  = Laju pelepasan radionuklida  $i$  [ $\text{kBq}/\text{s}$ ]
- $U$  = Kecepatan angin rata-rata [ $\text{m}/\text{s}$ ]
- $DF_m$  = Faktor dilusi dari Tabel E8 untuk jarak tertentu dari titik lepasan [ $\text{m}^{-2}$ ]; untuk jarak kurang dari 0.5 km menggunakan Gambar. E1, bagaimanapun, perhitungan ini sangat samar-samar (pembuatan jalur)

**CATATAN**

Tabel E9 dapat digunakan untuk menentukan kelompok stabilitas dan Tabel E10 untuk perhitungan kasar kecepatan angin (terlepas dari data yang telah terukur).

TABEL E8. FAKTOR-FAKTOR DILUSI [m<sup>-2</sup>]

Jarak <sup>b</sup> [km]	Kelompok kestabilan <sup>a</sup>					
	A	B	C	D	E	F
~ 0.5 <sup>c</sup>	5.7E-04	6.6E-04	7.2E-04	7.9E-04	8.4E-04	8.9E-04
1	3.3E-05	7.9E-05	1.3E-04	2.4E-04	3.4E-	5.0E-04
2	9.2E-07	4.3E-06	1.3E-05	4.2E-05	8.6E-05	2.0E-04
3	7.3E-07	1.8E-06	5.9E-06	2.3E-05	4.6E-05	1.1E-04
4	5.6E-07	1.0E-06	3.4E-06	1.6E-05	3.2E-	7.8E-05
5	4.4E-07	6.2E-07	2.1E-06	1.1E-05	2.4E-05	5.7E-05
10	2.6E-07	3.5E-07	7.2E-07	4.0E-06	9.1E-06	2.4E-05
15	1.8E-07	2.4E-07	3.5E-07	2.3E-06	5.6E-	1.4E-05
20	1.4E-07	1.8E-07	2.5E-07	1.4E-06	3.6E-	9.2E-06
25	1.2E-07	1.5E-07	2.0E-07	9.6E-07	2.5E-06	6.8E-06
30	1.0E-07	1.2E-07	1.8E-07	7.7E-07	2.1E-06	5.5E-06

Referensi: Nilai-nilai untuk 0,5 km didasarkan pada interpolasi dari [23], gambar 5-7, pp. 25-27; lainnya, [24], Gambar 3-5<sup>a</sup>-3-5f

- a) tipe turbulensi pasquill. Faktor dilusi untuk garis pusat dari pelepasan level dasar pada dispersi vertikal 1000m
- b) jarak arah angin sumber pada garis pusat dari asap
- c) Faktor tersebut didominasi oleh bangunan gedung, pada tabel ini mereka mengasumsikan menjadi konstan dan independen dari kelompok kestabilan

TABEL E9. HUBUNGAN ANTARA KELOMPOK KESTABILAN DAN KONDISI CUACA.

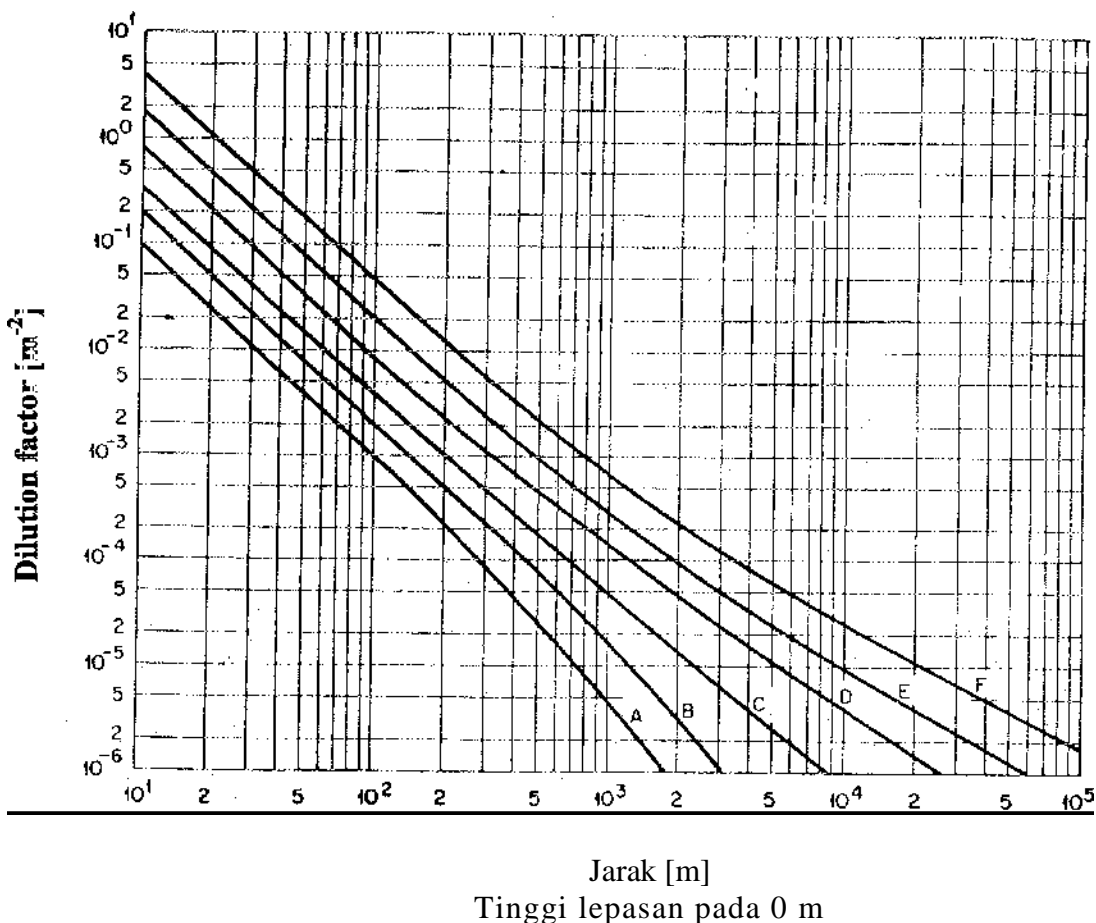
Kecepatan angin kecepatan [m/s]	Sianghari <i>insolation</i> (radiasi matahari)			Kondisi malam hari <sup>a</sup>		Siang atau
	Kuat	Menengah	Tipis	Berawan Tipis atau > 4/8 mendung	3/8 Mendung	Berawan tebal
< 2	A	A-B	B	-	-	D
2	A-B	B	C	E	F	D
4	B	B-C	C	D	E	D
6	C	C-D	D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D	D

Referensi: [24], p. 591

- a. Derajat kemendungan diberikan sebagai fraksi di atas langit lokal yang terlihat horisontal ditutupi awan

TABEL E10. HUBUNGAN ANTARA KONDISI CUACA DAN KECEPATAN ANGIN.

Observasi	Kecepatan angin
	[m/s]
Asap naik vertikal	0.3
Asap terhanyut searah tetapi tidak terasa di muka	1
Angin terasa dimuka, daun berdesir, baling digerakan angin.	2-3
Daun dan ranting bergerak, angin meniup bendera	4-5
Memindah debu, kertas, cabang kecil	6-7
Pohon kecil bergerak	8-9
Cbang besar bergerak, kabel tinggi bergerak	10-12
Seluruh phon bergerak	13-15
Ranting patah;	16-18
Kerusakan kecil pada struktural	19-21
Pohon tumbang, kerusakan struktural yang signifikan	22-25
Jarang terjadi, kerusakan yang menyebar	>25



GAMBAR. E1. Faktor dilusi sebagai fungsi jarak arah angin.

Referensi: [26]

### *Laju pelepasan dari kebakaran*

Langkah ini menggunakan aktivitas total yang terlibat pada kebakaran untuk memperkirakan laju pada lepasan material radioaktif. Penyaringan, *plate-out*, atau mekanisme lain akan mereduksi lepasan dari non gas mulia yang tidak dipertimbangkan. Metode ini akan menyediakan batas atas yang logis untuk kebanyakan kecelakaan yang melibatkan materi radioaktif.

### **Langkah – Langkah**

1. Perhitungan laju pelepasan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_i = \frac{A_i \cdot FRF_i}{T_r}$$

Dimana

- $A_i$  = Aktifitas radionuklida i terdapat pada kebakaran [kBq]  
 $FRF_i$  = Fraksi lepasan kebakaran untuk radionuklida I dari Tabel E11 jika bentuk senyawanya tidak diketahui atau Tabel E12 jika bentuk senyawanya diketahui.  
 $T_r$  = Durasi lepasan [s]

### TABEL E11. FRAKSI PELEPASAN KEBAKARAN (FRF) OLEH RADIONUKLIDA

Tabel ini menyediakan perkiraan fraksi lepasan radionuklida jika ini terlibat pada kebakaran.

$$FRF = \frac{\text{Aktivitas pelepasan [kBq]}}{\text{Aktivitas yang terkandung pada kebakaran [kBq]}}$$

Radionuklida	FRF <sup>a</sup>	Radionuklida	FRF <sup>a</sup>
H-3(gas)	5.E-01	Se-75	1.E-02
C-14		Kr-85	
Na-22	1.E-02	Kr-85m	1.E+00
Na-24		Kr-87	
P-32		Kr-88	
P-33		Rb-86	
S-35	5.E-01	Rb-87	
Cl-36		Rb-88	
K-40		Sr-89	
K-42		Sr-90	
Ca-45		Sr-91	
Sc-46		Y-90	
Ti-44		Y-91	
V-48	1.E-02	Y-91m	
Cr-51		Zr-93	
Mn-54		Zr-95	1.E-02
Mn-56		Nb-94	
Fe-55		Nb-95	
Co-58	1.E-03	Mo-99	
Fe-59	1.E-02	Tc-99	
Co-60	1.E-03	Tc-99m	
Ni-63		Ru-103	
Cu-64	1.E-02	Ru-105	
Zn-65		Rh-106	
Ga-68	NC	Ru-106	
Ge-68		Ag-110m	
Cd-109		Xe-138	1.E+00
Cd-113m		Cs-134	
In-114m		Cs-135	
Sn-113		Cs-136	
Sn-123		Cs-137	
Sn-126		Cs-138	
Sb-124		Ba-133	
Sb-126		Ba-137m	
Sb-126m	1.E-02	Ba-140	
Sb-127		La-140	1.E-02
Sb-129		Ce-141	
Te-127		Ce-144	
Te-127m		Pr-144	
Te-129		Pr-144m	
*Te-129m		Pm-145	
Te-131		Pm-147	
Te-131m		Sm-147	
Te-132		Sm-151	
I-125	5.E-01	Eu-152	
I-129	5.E-01	Eu-154	1.E-02



Radionuklida	FRF <sup>a</sup>	Radionuklida	FRF <sup>a</sup>
I-131		Eu- 155	
I-132		Gd-153	
I-133		Tb-160	
I-134		Ho-166m	
I-135		Tm- 170	
Xe-13 1m		Yb-169	
Xe- 133		Hf- 172	
Xe-133m	1.E+00	Hf- 181	
Xe- 135		Ta-182	1.E-03
Xe- 13 5m		W-187	1 .E-02
Ir-192	1.E-03	U-232	
Au-198		U-233	
Hg-203		U-234	
Tl-204		U-23 5	
Pb-210	1.E-02	U-236	
Bi-207		U-23 8	
Bi-210		Np-237	
Po-210		Np-239	
Ra-226		Pu-236	1.E-03
Ac-227		Pu-238	
Ac-228		Pu-239	
Th-227		Pu-240	
Th-228		Pu-241	
Th-230	1.E-03	Pu-242	
Th-231		Am-241	
Th-232		Am-242m	
Pa-231		Am-243	
Pa-233			

Referensi: [27]; FRFs untuk radionuklida yang tidak tercantum pada [27] dari [28], Tabel 3.7 kelompok radionuklida STCP, halaman 12.

TABEL12. FRAKSI LEPASAN KEBAKARAN (FRF) MENURUT BENTUK SENYAWA

Bentuk senyawa	FRF <sup>a</sup>
Gas mulia	1.0
Bentuk yang bergerak	1.0
Senyawa volatil dan mudah terbakar	0.5
Karbon	0.01
Senyawa semi-volatil	0.01
Bubuk-bubuk non-volatil	0.001
Logam uranium dan plutonium	0.001
Cairan mudah terbakar non-volatil	0.005
Cairan tak mudah terbakar non-volatil	0.001
Padatan non-volatil	0.0001

Referensi: [27]

## 5.8. Prosedur Ingesti

### Tujuan

Untuk mengkaji dosis efektif terikat yang tertelan dari pencernaan makanan atau tanah yang terkontaminasi.

### Pembahasan

Konsentrasi radionuklida pada makanan dan susu dapat dirubah melalui beberapa mekanisme alami dan buatan manusia. Prosedur ini untuk Pengkaji Radiologi

### Input

- Konsentrasi radionuklida pada makanan, air atau susu
- Konsentrasi Radionuklida pada tanah
- Waktu mencerna

### Output

- Dosis efektif terikat dari pencernaan

### Langkah - Langkah

1. Dapatkan konsentrasi radionuklida pada sampel makanan atau tanah menggunakan prosedur monitoring dalam Ref. [6].
2. Hitung dosis efektif terikat dari konsumsi makanan atau tanah menggunakan rumus:

$$E_{ing} = \sum_{i=1}^n C_{f,i} \cdot U_f \cdot D_{if,i} \cdot CF_{5,i}$$

Dimana

- $E_{ing}$  = Dosis efektif terikat dari pencernaan [mSv]  
 $C_{f,i}$  = Konsentrasi radionuklida  $i$  pada makanan  $f$  setelah pengolahan atau dalam tanah [kBq/kg]  
 $U_f$  = Jumlah makanan  $f$  yang dikonsumsi oleh populasi yang tertarik per hari. Untuk pencernaan tanah maksimum pencernaan dewasa adalah sekitar 100 mg/d dengan perkiraan sekitar 25 mg/d; konsumsi maksimum untuk anak adalah 500 mg/d dengan perkiraan 100 mg/d; [kg/d or L/d]  
 $CF_{5,i}$  = Faktor konversi dari Tabel E13 [mSv/kBq]; dosis efektif terikat dari pencernaan per pengambilan unit radionuklida  $i$   
 $D_{if,i}$  = Hari pengambilan [d]; periode makanan diasumsikan untuk dikonsumsi; jika  $T_{1/2} > 21$  hari gunakan 30 hari, jika  $T_{1/2} < 21$  hari gunakan berarti waktu ( $T_m$ ) dari radionuklida  
$$T_m = T_{1/2} \cdot 1,44$$
  
Dimana  $T_{1/2}$  adalah waktu paruh radiologi

### CATATAN

Umur dihubungkan faktor-faktor konversi dosis dapat ditemukan di [2].

3. Mengulang langkah 2 untuk beberapa makanan dari kelompok umur atau peminat.

4. Jumlah ke atas hasil untuk menghitung total dosis efektif terikat untuk pencernaan.

TABEL E13. DOSIS EFEKTIF TERIKAT DARI PENCERNAAN PER UNIT PENGAMBILAN RADIONUKLIDA – FAKTOR KONVERSI DOSIS PENGAMBILAN UNTUK ORANG DEWASA

Radionuklida	Faktor konversi CF <sub>5</sub> [mSv/kBq]	Radionuklida	Faktor konversi CF <sub>5</sub> [mSv/kBq]
H-3	1.8E-05	Zr-97	2.1E-03
C-14	5.8E-04	Nb-93m	1.2E-04
Na-22	3.2E-03	Nb-94	1.7E-03
Na-24	4.3E-04	Nb-95	5.9E-04
P-32	2.4E-03	Nb-95m	5.7E-04
P-33	2.4E-04	Nb-97	6.9E-05
S-35 org.	7.7E-04	Mo-99	6.0E-04
S-35 inorg.	1.3E-04	Tc-99	6.4E-04
Cl-36	9.3E-04	Tc-99m	2.2E-05
K-40	6.2E-03	Ru-103	7.3E-04
K-42	4.3E-04	Ru-105	2.6E-04
Ca-45	7.1E-04	Ru-106	7.0E-03
Sc-44	3.5E-04	Rh-103m	3.8E-06
Sc-46	1.5E-03	Rh-105	3.7E-04
Ti-44	5.8E-03	Rh-106	1.6E-04
V-48	2.0E-03	Ag-110m	2.8E-03
Cr-5 1	3.8E-05	Cd-109	2.0E-03
Mn-54	7.1E-04	Cd-113m	0.0E+00
Mn-56	2.6E-04	Cd-115	1.4E-03
Fe-55	3.3E-04	In-113m	2.8E-05
Fe-59	1.8E-03	In-114m	4.1E-03
Co-58	7.4E-04	In-115	3.2E-02
Co-60	3.4E-03	In-115m	8.6E-05
Ni-63	1.5E-04	Sn-113	7.4E-04
Cu-64	1.2E-04	Sn-123	2.1E-03
Zn-65	3.9E-03	Sn-126	4.8E-03
Ga-68	1.0E-04	Sb-124	2.6E-03
Ge-68	1.3E-03	Sb-126	2.5E-03
Se-75	2.6E-03	Sb-126m	3.6E-05
Kr-85	0.0E+00	Sb-127	1.7E-03
Kr-85m	0.0E+00	Sb-129	4.2E-04
Kr-87	0.0E+00	Sb-13 1	1.0E-04
Kr-88	0.0E+00	Te-127	1.7E-04
Rb-86	2.8E-03	Te-127m	2.3E-03
Rb-87	1.5E-03	Te-129	6.3E-05
Rb-88	9.0E-05	Te-129m	3.0E-03
Sr-89	2.6E-03	Te- 131	8.7E-05
Sr-90	2.8E-02	Te-13 1m	1.9E-03
Sr-91	6.5E-04	Te- 132	3.8E-03
Y-90	2.7E-03	I-125	1.5E-02
Y-9 1	2.4E-03	I-129	1.1E-0 1
Y-91m	1.2E-05	I-131	2.2E-02
Zr-93	1.1E-03	I-132	2.9E-04
Zr-95	9.5E-04	I-133	4.3E-03

Radionuklida	Faktor konversi CF <sub>5</sub> [mSv/kBq]	Radionuklida	Faktor konversi CF <sub>5</sub> [mSv/kBq]
I-134	1.1E-04	Bi-213	2.0E-04
I-135	9.3E-04	Bi-214	1. 1E-04
Xe-13 1m	0.0E+00	Po-210	1 .2E+00
Xe-133	0.0E+00	Fr-223	2.3E-03
Xe-133m	0.0E+00	Ra-223	1.0E-01
Xe-135	0.0E+00	Ra-224	6.5E-02
Xe-13 5m	0.0E+00	Ra-225	9.9E-02
Xe-138	0.0E+00	Ra-226	2.8E-01
Cs-134	1 .9E-02	Ra-228	6.9E-0 1
Cs-134m	2.0E-05	Ac-225	2.4E-02
Cs-135	2.0E-03	Ac-227	1.1E+00
Cs-136	3.1E-03	Ac-228	4.3E-04
Cs-137	1 .3E-02	Th-227	8.8E-03
Cs-138	9.2E-05	Th-228	7.2E-02
Ba-133	1 .5E-03	Th-229	4.9E-01
Ba-137m	0.0E+00	Th-230	2.2E-0 1
Ba-140	2.6E-03	Th-231	3 .4E-04
La-140	2.0E-03	Th-232	2.3E-0 1
La-141	3 .6E-04	Th-234	3 .4E-03
Ce- 141	7.1E-04	Pa-231	7.1E-01
Ce-143	1.1E-03	Pa-233	8.8E-04
Ce-144	5.2E-03	Pa-234	5. 1E-04
Pr-143	1 .2E-03	U-232	3.3E-01
Pr-144	5. 1E-05	U-233	5.0E-02
Pr-144m	0.0E+00	U-234	4.9E-02
Pm-145	1.1E-04	U-23 5	4.6E-02
Pm-147	2.6E-04	U-236	4.6E-02
Nd-147	1.1E-03	U-23 8	4.4E-02
Sm-147	4.9E-02	U Dep&Nat	4.4E-02
Sm-151	9.8E-05	U Enrich	4.9E-02
Eu-152	1 .4E-03	UF6	4.9E-02
Eu-154	2.0E-03	Np-237	1. 1E-0 1
Eu- 155	3 .2E-04	Np-239	8.0E-04
Gd-152	4. 1E-02	Pu-236	8.6E-02
Gd- 153	2.7E-04	Pu-23 8	2.3E-0 1
Tb- 160	1 .6E-03	Pu-239	2.5E-01
Ho-166m	2.0E-03	Pu-240	2.5E-01
Tm-170	1 .3E-03	Pu-241	4.7E-03
Yb- 169	7.1E-04	Pu-242	2.4E-0 1
Hf-172	1 .0E-03	Am-241	2.0E-0 1
Hf-181	1.1E-03	Am-242	3 .0E-04
Ta-182	1 .5E-03	Am-242m	1.9E-01
Re-187	5.1E-06	Am-243	2.0E-0 1
W-187	6.3E-04	Cm-242	1 .3E-02
Ir- 192	1 .4E-03	Cm-243	1.5E-01
Au- 198	1 .0E-03	Cm-244	1 .2E-0 1
Hg-203 org.	1 .9E-03	Cm-245	3.0E-01
Hg-203 inorg.	5.4E-04	Cm-248	1.1E+00
Tl-204	1 .3E-03	Cf-252	9.0E-02
Pb-209	5.7E-05		
Pb-210	6.9E-0 1	Referensi: [2]	
Pb-2 11	1 .8E-04		
Pb-212	6.0E-03		
Pb-214	1 .5E-04		
Bi-207	1 .3E-03		
Bi-210	1 .3E-03		
Bi-212	2.6E-04		

**CATATAN**

Faktor konversi dosis masukan pencernaan untuk Kelompok umur lain dapat ditemukan di IAEA BSS [2].

## 5.9. Prosedur Pencelupan Udara

### Tujuan

Untuk mengkaji dosis efektif dari paparan eksternal ke radionuklida emisi  $\gamma$  dalam asap radioaktif

### Pembahasan

Jalur paparan langsung untuk radionuklida emisi  $\gamma$  yang dilepaskan ke atmosfer akan menjadi dosis  $\gamma$  eksternal pada seluruh tubuh dari asap materi radioaktif

Perkiraan untuk paparan eksternal ke radiasi  $\gamma$  dikarenakan pencelupan pada udara terkontaminasi disediakan perkiraan konservatif untuk paparan ke asap tambahan. Prosedur ini untuk Pengkaji Radiologi.

### Input

- Konsentrasi rata-rata radionuklida di udara
- Durasi paparan

### Output

- Dosis efektif dari paparan eksternal pada radiasi  $\gamma$  dari asap

Perkiraan dosis pencelupan udara menggunakan persamaan berikut:

$$E_{ext} = T_c \cdot \sum_i C_{a,i} \cdot CF_{9,i}$$

Dimana	
$E_{ext}$	= Dosis efektif dari paparan eksternal dikarenakan pencelupan pada udara terkontaminasi [mSv]
$C_{a,i}$	= Konsentrasi rata-rata radionuklida $i$ di udara [kBq/m <sup>3</sup> ]
$CF_{9,i}$	= Faktor konversi radionuklida $i$ dari Tabel E14
$T_e$	= Durasi paparan [h]

TABEL 14. FAKTOR KONVERSI UNTUK BATAS PAPARAN EKSTERNAL  $\gamma$  UNTUK PENCELUPAN PADA UDARA TERKONTAMINASI

Radionuklida	CF <sub>9</sub> [(mSv/h)/(kBq/m <sup>3</sup> )]	Radionuklida	CF <sub>9</sub> [(mSv/h)/(kBq/m <sup>3</sup> )]
H-3	0.0E+00	Tc-99m	2.8E-05
C- 14	0.0E+00	Ru- 103	1.0E-04
Na-22	4.8E-04	Ru- 105	1.7E-04
Na-24	1.0E-03	Ru/Rh-106 <sup>a</sup>	4.4E-05
P-32	0.0E+00	Pd-109	1.4E-07
P-33	0.0E+00	Ag-110m	5.9E-04
S-3 5	0.0E+00	Cd-109	4.8E-07
Cl-36	1.8E-12	Cd-113m	0.0E+00
K-40	3.4E-05	In-114m	1.9E-05
K-42	6.3E-05	Sn-113	1.8E-06
Ca-45	3.4E-15	Sn-123	1.5E-06
Sc-46	4.4E-04	Sn-125	6.7E-05
Ti-44	2.8E-05	Sn-126	1.0E-05
V-48	6.3E-04	Sb-124	4.1E-04
Cr-51	6.7E-06	Sb-126	5.9E-04
Mn-54	1.9E-04	Sb-127	1.4E-04
Mn-56	4.1E-04	Sb-129	3.2E-04
Fe-55	4.8E-09	Te-127m	6.7E-07
Fe-59	2.6E-04	Te-129	1.1E-05
Co-58	2.1E-04	Te-129m	7.4E-06
Co-60	5.6E-04	Te-13 1m	3.1E-04
Ni-63	0.0E+00	Te-132	4.4E-05
Cu-64	4.1E-05	Te-134	1.9E-04
Zn-65	1.3E-04	I-125	2.3E-06
Ge-68	1.9E-08	I-129	1.8E-06
Se-75	8.5E-05	I-131	8.1E-05
Kr-85	4.8E-07	I-132	5.2E-04
Kr-85m	3.4E-05	I-133	1.3E-04
Kr-87	1.9E-04	I-134	5.9E-04
Kr-88	4.8E-04	I-135	3.5E-04
Kr-89	4.4E-04	Xe-13 1m	1.8E-06
Rb-86	2.1E-05	Xe-133	7.4E-06
Rb-88	1.5E-04	Xe-133m	6.3E-06
Rb-89	4.8E-04	Xe-135	5.2E-05
Sr-89	3.0E-08	Xe-13 5m	9.3E-05
Sr-90	0.0E+00	Xe-137	4.1E-05
Sr-91	1.5E-04	Xe-138	2.6E-04
Y-90	0.0E+00	Cs-134	3.4E-04
Y-9 1	7.8E-07	Cs-136	4.8E-04
Zr-93	0.0E+00	Cs/Ba-137 <sup>a</sup>	1.3E-04
Zr-95	1.6E-04	Cs-138	5.2E-04
Zr-97	4.1E-05	Ba-133	7.8E-05
Nb-94	3.4E-04	Ba-139	7.8E-06
Nb-95	1.7E-04	Ba-140	4.1E-05
Mo-99	3.4E-05	La-140	5.2E-04
Tc-99	1.1E-10	La-141	9.3E-06

Radionuklida	CF <sub>4</sub> [(mSv/h)/(kBq/ms)]
La-142	6.7E-04
Ce-141	1.6E-05
Ce-143	5.6E-05
Ce-144	3.7E-06
Ce/Pr-144 <sup>a</sup>	1.1E-05
Nd-147	2.8E-05
Pm- 145	3.5E-06
Pm-147	7.8E-10
Pm-149	2.5E-06
Pm-151	7.0E-05
Sm- 151	1.9E-10
Eu-152	2.5E-04
Eu-154	2.7E-04
Eu-155	1.2E-05
Gd-153	1.9E-05
Tb-160	2.4E-04
Ho-166m	3.5E-04
Tm- 170	1.0E-06
Yb-169	5
Hf- 181	1.1E-04
Ta- 182	2.8E-04
W-187	1.0E-04
Ir-192	1.7E-04
Au-198	8.5E-05
Hg-203	4.8E-05
Tl-204	2.1E-07
Pb-210	2.8E-07
Bi-207	3.4E-04
Bi-210	0.0E+00
Po-210	1.9E-09
Ra-226	1.4E-06
Ac-227	2.7E-08
Ac-228	2.0E-04
Th-227	2.2E-05
Th-228	4.1E-07
Th-230	8.1E-08
Th-232	4.1E-08
Pa-231	6.3E-06
U-232	5.6E-08
U-233	5.2E-08
U-234	3.2E-08
U-235	3.3E-05
U-236	2.6E-08
U-238	2.2E-08
U-240	1.5E-07
Np-237	4.8E-06
Np-239	3.6E-05

Radionuklida	CF <sub>4</sub> [(mSv/h)/(kBq/ms)]
Pu-240	1.8E-08
Pu-241	0.0E+00
Pu-242	1.6E-08
Am-241	4.1E-06
Am-242m	1.0E-07
Am-243	1.1E-05
Cm-242	2.1E-08
Cm-243	2.7E-05
Cm-244	1.8E-08
Cm-245	1.5E-05
Cm-246	1.5E-08
Cf-252	1.6E-08

Referensi: [16]

a. kontribusi dari sumber-sumber berwaktu pendek yang terdapat beberapa faktor untuk sumber induk.

#### CATATAN

Nilai-nilai didapat di bawah asumsi perkiraan plume yang benar melalui **The values are derived under the assumption that the plume is correctly approximated by a semi-infinite cloud.**



Radionuklida	CF <sub>4</sub>
Pu-236	2.5E-08
Pu-238	1.9E-08
Pu-239	1.7E-08

## 5.10. Proseder Kalkulasi Aktivitas

### Tujuan

Untuk menghitung aktivitas radionuklida pada waktu spesifik atau pada materi radioaktif jika berat materi diketahui

### Pembahasan

Dengan menggunakan data waktu paruh dan aktivitas pada waktu tertentu, aktivitas radionuklida pada beberapa waktu setelahnya dapat dihitung. Dengan menggunakan aktivitas spesifik dari radionuklida berat materi radioaktif dapat dikonversi ke aktivitas.

### Input

- Waktu paruh radionuklida
- Aktivitas pada waktu tertentu
- Berat materi radioaktif
- Nomor massa atom radionuklida

### Output

- Aktivitas radionuklida pada waktu spesifik setelahnya
- Aktivitas materi radionuklida

### *Aktivitas pada waktu spesifik*

Menghitung aktivitas pada waktu spesifik menggunakan persamaan berikut:

$$A_t = A_o \cdot 0.5^{\left(\frac{\Delta T}{T_{1/2}}\right)}$$

### Dimana

- $A_o$  = Aktivitas pada waktu  $t_0$  [kBq]  
 $A_t$  = Aktivitas pada waktu  $t$  [kBq]  
 $\Delta T$  =  $t-t_0$ ; waktu sisa [unit yang sama sebagai waktu paruh]  
 $T_{1/2}$  = Waktu paruh radionuklida

### *Aktivitas materi radioaktif*

Aktivitas spesifik didefinisikan sebagai aktivitas per gram materi dan dapat dihitung melalui salah satu persamaan berikut, bergantung pada penggunaan unit waktu paruh radiologi ( $T_{1/2}$ ) :

$$A_{sp} = \frac{1.16 \cdot 10^{17}}{T_{1/2}(h) \cdot AMN}$$

$$A_{sp} = \frac{4.83 \cdot 10^{15}}{T_{1/2}(d) \cdot AMN}$$

$$A_{sp} = \frac{1.32 \cdot 10^{13}}{T_{1/2}(y) \cdot AMN}$$

### Dimana

- $A_{sp}$  = Aktivitas spesifik [kBq/g]  
 $AMN$  = Nomor massa atom; nomor tersebut identitas radionuklida

T = Waktu paruh dalam jam (h), hari (d) atau tahun (a)

Menghitung aktivitas materi menggunakan persamaan berikut:

$$A = W \cdot \lambda$$

Dimana

A = Aktivitas [kBq]

W = Berat [g]

## **LEMBAR KERJA**

Perhatian : Lembar kerja dalam bagian ini harus diadaptasi untuk mencerminkan kondisi yang bisa diterapkan

Diselesaikan oleh: Penanggung Awal	LEMBAR KERJA A1	No.
	FORM PENCATATAN KECELAKAAN BAGIAN 1	1 dari 2

Nama Lengkap: \_\_\_\_\_  
(penanggung awal)

Tanggal:

Disediakan salinan untuk:  Manager Kedaruratan

Waktu:

Nama penelpon: \_\_\_\_\_

(Nama lengkap)

Anggota :  Publik  Staf fasilitas  Pelayanan Kedaruratan

Organisasi atau alamat penelpon: \_\_\_\_\_

No. telepon penelpon: \_\_\_\_\_ Waktu telpon: \_\_\_\_\_

Lokasi kecelakaan:

\_\_\_\_\_

(Alamat fasilitas atau lokasi tapak)

Uraian kecelakaan:

apakah situasi memerlukan perhatian mendesak?  YA  TIDAK  
Bantuan apa yang diperlukan?

Nasihat apa yang telah diberikan (melalui telpon):

Telpon pembuktian:  YA  TIDAK

Diselesaikan oleh: Penanggung Awal	LEMBAR KERJA A1	No.  2 dari 2
	FORM PENCATATAN KECELAKAAN BAGIAN 2	

<p>Keterangan sumber Radionuklida/Aktivitas:</p> <p>Tertutup: <input type="checkbox"/> kapsule <input type="checkbox"/> foil <input type="checkbox"/> pensil <input type="checkbox"/> lainnya</p> <p>Terbuka: <input type="checkbox"/> cair <input type="checkbox"/> gas <input type="checkbox"/> solid <input type="checkbox"/> powder</p> <p>Generator: kV                      mA</p>	<p>Tipe lokasi</p> <p>Pabrik: pembuatan</p> <p>Laboratorium: tipe</p> <p>Kantor: fungsi</p> <p>Tempat publik:</p>
<p>Tipe peralatan</p> <p><input type="checkbox"/> Diagnostic X ray                      <input type="checkbox"/> X ray optics</p> <p><input type="checkbox"/> Veterinary X ray                      <input type="checkbox"/> Unsealed source</p> <p><input type="checkbox"/> Teletherapy                              <input type="checkbox"/> Smoke detectors</p> <p><input type="checkbox"/> Brachytherapy                            <input type="checkbox"/> Static eliminators</p> <p><input type="checkbox"/> Nuclear medicine                      <input type="checkbox"/> Lab sealed sources</p> <p><input type="checkbox"/> Baggage inspection                      <input type="checkbox"/> Yield monitors</p> <p><input type="checkbox"/> Gamma radiography                      <input type="checkbox"/> Radioactive waste</p> <p><input type="checkbox"/> X-radiography                            <input type="checkbox"/> Tracers</p> <p><input type="checkbox"/> Irradiator                                <input type="checkbox"/> Processing of ore</p> <p><input type="checkbox"/> Thickness gauge                        <input type="checkbox"/> Scrap metal recycling</p> <p><input type="checkbox"/> Level gauge                                <input type="checkbox"/> Lainnya (spesifik)</p>	<p>Sifat kedaruratan</p> <p><input type="checkbox"/> Penemuan sumber</p> <p><input type="checkbox"/> Penemuan kontaminasi</p> <p><input type="checkbox"/> Sumber terbuka</p> <p><input type="checkbox"/> Sumber rusak</p> <p><input type="checkbox"/> Sumber hilang</p> <p><input type="checkbox"/> Tumpahan di Laboratorium</p> <p><input type="checkbox"/> Transport</p> <p><input type="checkbox"/> Aktifitas penyebaran</p> <p><input type="checkbox"/> Perdagangan gelap</p> <p><input type="checkbox"/> Lainnya (spesifik)</p> <p><input type="checkbox"/> Tidak dikenal</p>
<p>Bagaimana ditemukan</p>	<p>Status terkini</p> <p>Apakah akses telah terkontrol? <input type="checkbox"/> YA <input type="checkbox"/> TIDAK</p> <p>Tindakan untuk mencegah paparan:</p>
<p>Backtrack</p> <p>Terakhir kali sumber ditemukan aman:</p> <p>Asal:</p> <p>Pemilik sumber:</p>	<p>Bahaya radiologi (Kemungkinan)</p> <p>~ Dosis radiasi yang signifikan                      M</p> <p>~ Bahaya inhalasi    M</p> <p>~ Daerah pembatasan kontaminasi                      M</p> <p>~ Pelepasan kelingkungan                              M</p> <p>~ Potensi penyebaran                                      M</p>
<p>Bahaya konvensional (Kemungkinan)</p> <p><input type="checkbox"/> Api    M</p> <p><input type="checkbox"/> Bahan ledak                                      M</p> <p><input type="checkbox"/> Bahan kimia                                      M</p> <p>Uap air, asap                                      M</p> <p>~ Lainnya (spesifik)</p>	<p>Efek medis (Jumlah, Kemungkinan)</p> <p><input type="checkbox"/> Orang-orang yang terluka                      N:              M</p> <p><input type="checkbox"/> Kematian    N:              M</p> <p><input type="checkbox"/> Individu yang terpapar                              N:              M</p> <p><input type="checkbox"/> Individu yang terkontaminasi                      N:              M</p>
<p>Kesulitan pengawasan (Kemungkinan)</p> <p><input type="checkbox"/> Bahan peledak atmosfer                      M    <input type="checkbox"/> Statik    M</p> <p><input type="checkbox"/> RF    M    <input type="checkbox"/> Air              M</p> <p>~ Lainnya (spesifik)</p>	<p>Data lain (cth. rincian label transport, pengukuran dosis rata-rata, tingkat kontaminasi, rincian cuaca)</p>

Tanda tangan:

Diselesaikan oleh: Penanggung Awal	LEMBAR KERJA A2	No.
	FORM RESPONDER PENYIAGA KEDARURATAN	

Disiagakan oleh: \_\_\_\_\_ Tanggal:

(Nama lengkap)

Disediakan salinan untuk:  Manager Kedaruratan

Responder Kedaruratan	Namaorang yang menyiagakan	No. Telepon atau fax	Waktu pertama kali telepon	Waktu disiagakan
Manager Kedaruratan				
Penilai Radiologi				
Responder Pertama				
Polisi				
Layanan Medis Kedaruratan				
Pemadam kebakaran				
Perlindungan Sipil				
Personil fasilitas				
Responder Lain				
Penguasa Lokal				
Badan Pengawas				
Badan Kesehatan, rumah sakit				

CATATAN:

Tanda tangan: \_\_\_\_\_

Diselesaikan oleh: Manager Kedaruratan	LEMBAR KERJA B1	No.
	CATATAN TINDAKAN TANGGAPAN CEPAT	

Diselesaikan oleh: \_\_\_\_\_  
(Nama lengkap)

Tanggal:

Tindakan tanggapan cepat	Waktu awal	Waktu tiba /selesai	Keterangan
Instruksi awal yang disediakan			
Responder Kedaruratan yang tiba di tempat <input type="checkbox"/> Polisi <input type="checkbox"/> Pemadam kebakaran <input type="checkbox"/> Responder Medis Kedaruratan			
Saat awal di pengontrol kejadian: Dilepaskan oleh:			
Penetapan perimeter keamanan Jarak rata-rata:			
Penetapan perimeter keselamatan Jarak rata-rata:			
Penetapan kontrol akses dan jalan keluar			
Penetapan kontrol kontaminasi: <input type="checkbox"/> Pekerja kedaruratan <input type="checkbox"/> Publik			
Proteksi pekerja kedaruratan: <input type="checkbox"/> Proteksi pernafasan <input type="checkbox"/> Iodium stabil <input type="checkbox"/> Pakaian proteksi <input type="checkbox"/> Kontrol dosis			
Evakuasi Sector/areas:			
Penyaringan Sektor/area:			
Kontrol makanan Sektor/area:			
Pemadam kebakaran			
Kontrol jatuhnya <input type="checkbox"/> Pembatasan <input type="checkbox"/> Pembersihan			
Survei sumber			
Survei area			
Dekontaminasi: <input type="checkbox"/> Manusia <input type="checkbox"/> Peralatan <input type="checkbox"/> Area			

Tanda tangan: \_\_\_\_\_



Diselesaikan oleh:

LEMBAR KERJA D1

No.

Penilai Radiologi

### CATATAN KONTROL PAPARAN

Disiapkan oleh \_\_\_\_\_ Tanggal: \_\_\_\_\_  
(Nama lengkap)

Disediakan untuk: ~ Manager Kedaruratan

Waktu: \_\_\_\_\_

Pekerja Kedaruratan: \_\_\_\_\_ Tim Penanggap: \_\_\_\_\_  
(Nama lengkap)

No. Personal \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_

Menggunakan dosimeter personel bacaan langsung

Tipe dosimeter:

Model:

No. Serial:

Tanggal pembacaan	Waktu pembacaan	BACAAN [mSv]	Lokasi pada saat pembacaan

Menggunakan pengukuran gamma

Tipe alat:

Model:

No. Serial:

Lokasi	Dosis rata-rata [mSv/h]	Waktu yang terpakai [min]	Perkiraan dosis akumulasi [mSv]

Catatan penggunaan iodine stabil

Tanggal	Waktu	Dosis	Keterangan	Paraf
---------	-------	-------	------------	-------

Menggunakan TLD atau film badge

No. TLD atau film badge: \_\_\_\_\_

(TIDAK untuk dibaca di dalam lokasi kejadian)

Tanggal/Waktu	Diterima		Kumpulan		Bacaan [mSv]
	Tanda tangan	Tanggal/Waktu	Tanda tangan	Tanggal/Waktu	
/		/			
/		/			
/		/			

CATATAN: Film badge atau TLD harus dibaca sesegera mungkin setelah paparan dan pencatatan diatas. Untuk memastikan tanggapan cepat layanan dosimetri harus menginformasikan bahwa dosimetri tersebut telah dipakai selama operasi kedaruratan/pemulihan.

KETERANGAN:

Tanda tangan: \_\_\_\_\_  
(Penilai Radiologi)

Diselesaikan oleh:

LEMBAR KERJA D2

No.

Penilai Radiologi

LABEL ITEM CONTAMINASI

## PERHATIAN ITEM CONTAMINASI

Tanggal:

Waktu:

Nama:

(Pemilik atau pekerja kedaruratan)

Alamat:

No. Telepon:

Uraian Item	Max. Tingkat Radiasi pada permukaan*	
	tipe	Radiasi [cps]
1.	1.	
2.	2.	
3.	3.	

Nama orang yang bertanggung jawab:

(Penilai Radiologi)

Tanda tangan:

(P:enilai Radiologi)

\*Catatan: Untuk detailnya lihat catatan pengukuran asli yang disimpan oleh Penilai Radiologi.

Diselsaikan oleh: Penilai Radiologi	LEMBAR KERJA D3	No.
	TANDA TERIMA UNTUK ITEM KONTAMINASI	

<b>TANDA TERIMA UNTUK ITEM KONTAMINASI</b>	
Tanggal:	Waktu:
Lokasi:	
Nama:	
(Nama pemilik atau pekerja kedaruratan)	
Alamat:	
No. Telepon:	_____
Uraian Item/Nilai yang mendekati	
Uraian Item	Nilai
1.	
2.	
3.	
Gambaran item akan dikembalikan jika dilakukan dekontaminasi.	
Tanda tangan:	
_____	_____
(Penilai Radiologi)	(Pemilik/Pekerja Kedaruratan)
<b>SEMUA PERMINTAAN PENGGANTIAN HARUS DIBUAT UNTUK:</b>	

## TAMBAHAN I CARA MEMINTA BANTUAN IAEA

Tanggung-jawab yang dipercayakan kepada IAEA untuk tujuan menerapkan Konvensi pada Pemberitahuan Awal dalam suatu Kecelakaan Nuklir dan Konvensi pada Bantuan di dalam kasus dari suatu Kecelakaan Nuklir atau Kedaruratan Radiologi telah menetapkan di antaranya, penetapan titik penting di dalam Sekretariat Negara Anggota IAEA, Bagian dari kedua Konvensi dan Organisasi internasional yang relevan dapat dengan segera dan secara efektif mengarahkan pemberitahuan (dalam suatu kasus kecelakaan) atau laporan kejadian, permintaan bantuan darurat, permintaan informasi, dll. Untuk tujuan ini dan untuk memudahkan koordinasi tindakan di dalam Sekretariat, dalam 1986, Pusat Respon Kedaruratan IAEA (ERC) dibentuk dan yang ditunjuk oleh Direktur Jenderal untuk bertindak sebagai pusat bagi manajemen dan kontrol dari respon IAEA untuk kecelakaan nuklir atau kedaruratan radiologi di manapun. Pusat ini ditempatkan di IAEA Headquarters di Vienna - Austria, gedung B, lantai 7, ruang B0720 sampai B0725. Selama operasi normal, Centre ini di bawah pengawasan Unit Respon dan Emergency Preparedness, Bagian Keselamatan Radiasi, Divisi Radiasi dan Keselamatan Limbah dari Departemen Keselamatan Nuklir.

### Langkah 1

Permintaan untuk bantuan IAEA di bawah terminologi dari Assistance Convention harus dalam bentuk komunikasi tertulis.

#### CATATAN

Di bawah terminologi Assistance Convention ERC mengharapkan dapat menerima permintaan untuk bantuan dari Negara Anggota IAEA. Bagaimanapun, ERC, jika situasi memerlukan, siap dan mengharapkan untuk menerima dalam bentuk yang sama atau dengan cara komunikasi yang

### Langkah 2

Di dalam permintaan sediakan informasi sebagai berikut:

- A Kedaruratan Radiologi:
- i. sifat dari peristiwa
  - ii. lokasi
  - iii. waktu kejadian
  - iv. nama dan alamat lengkap dari organisasi yang bertanggung-jawab tindakan tanggapan
  - v. nama dan nomor kontak dari orang menugaskan sebagai rekan pendamping bantuan darurat yang diminta kepada IAEA

- B Tipe bantuan yang diperlukan:
- i. survei aerial
  - ii. pemantauan radiasi
  - iii. identifikasi radionuklida
  - iv. pemulihan sumber
  - v. penilaian dan nasehat keselamatan radiasi
  - vi. dukungan dan/atau nasehat medis
  - vii. dukungan dan/atau nasehat bioassay
  - viii. dukungan dan/atau nasehat radiopathology
  - ix. dukungan dan/atau nasehat biodosimetry
  - x. dukungan dan/atau nasehat keselamatan limbah
  - xi. lain-lain, harus spesifik

Hal tersebut adalah penting bagi setiap pesan agar dicantumkan nama dari pengirim dan nomor telepon kontak dan/atau faksimile.

#### **CATATAN**

Pesan yang masuk di ERC di dalam bahasa selain dari bahasa Inggris bisa tertunda sampai dilaksanakan terjemahan yang tepat. Jika bahasa dari pesan tersebut di luar dari bahasa resmi IAEA, satu penundaan tambahan antara penerimaan pesan dan setiap aksi berikut yang akan terjadi. Oleh karena itu, sejauh dapat dipraktekkan, pemakaian bahasa Inggris sangat direkomendasikan untuk menghindari keterlambatan di dalam berhubungan secara baik dan cepat dengan setiap pemberitahuan atau permintaan bantuan.

#### Langkah 3

Permintaan kepada IAEA akan datang dari Pejabat Titik Kontak/Kompeten di dalam negeri Anda.

#### **CATATAN**

Arahkan permintaan bantuan anda hanya kepada Pusat Respons Kedaruratan IAEA itu dan bukan ke kantor lain di dalam IAEA. Secara khusus, ulangi mengirimkan setiap permintaan bantuan kepada kontak pribadi yang anda punya di dalam IAEA.

#### Langkah 4

Informasikan Misi anda kepada IAEA tentang permintaan untuk bantuan IAEA. Ini akan lebih memudahkan koordinasi antara IAEA dan negara Anda.

Langkah 5

Untuk meyakinkan bahwa anda mengetahui titik kontak resmi di dalam negeri Anda untuk menulis Bantuan Konvensional secara detil di sini:

Organisasi:.....

Nomor Telepon:.....

Nomor Faksimile:.....

Simpan informasi terbaru ini setiap saat!

## TAMBAHAN II

### TANGGAP DAN KESIAPSIAGAAN MEDIS

Tanggap medis yang efektif merupakan komponen yang perlu dari keseluruhan tanggap terhadap kedaruratan radiologi. Secara umum, tanggap medis pada kecelakaan radiologi menampilkan tantangan yang sulit pada otoritas dikarenakan kompleksitas situasi, seringkali membutuhkan spesialis berkualifikasi tinggi dan sumberdaya materi dan berorganisasi. Maka dari itu perencanaan yang memadai dibutuhkan.

Dalam kecelakaan radiologi, pekerja lebih mungkin terkena dampak daripada anggota publik. Bagaimanapun, tergantung dari skala kecelakaan, pekerja dan anggota masyarakat dapat terpapar radiasi ionisasi dari:

- i. Sumber sumber tak terlindungi (*unshielded*)
- ii. Radionulida terdeposit ditanah atau permukaan lain;
- iii. Radionuklida mengkontaminasi tubu, pakaian atau benda benda kepemilikan, dan
- iv. Inhalasi atau ingesti zat radioaktif sebagai hasil dari kontaminasi lingkungan atau atmosfer langsung atau, kemudian, oleh bahan radioaktif dalam air atau makanan

Kesiapsiagaan medis bermula dengan kesadaran akan dimana dan tipe apa radiasi ionisasi dan bahan radioaktif digunakan dalam suatu negara. Informasi data base ini harus mencakup sedikitnya:

- i. lokasi dimana radiasi atau bahan radioaktif digunakan;
- ii. tipe dan aktivitas sumber radioaktif;
- iii. tipe alat penghasil radiasi;
- iv. informasi berkenaan transportasi bahan radioaktif melalyu wilayah masing masing yang ada;
- v. spektrum kemungkinan kecelakaan, dan
- vi. estimasi jumlah orang yang berpotensi terkena dampaj dalam kecelakaan radiologi yang parah.

Informasi ini perlu untuk perencana kemampuan medis yang memadai, Pusat medis umum dan spesialis bisa diperlukan, tergantung pada radiasi dan sifat radiasi yang menyebabkan luka. Peralatan khusus tidak bisa tersedia secara rutin ditempat kecelakaan, kecuali pada fasilitas medis yang menggunakan sumber, seperti rumah sakit terapi iradiasi medis, dimana terdapat profesi medis yang berpengalaman dalam menangani luka radiasi atau yang mempunyai pengetahuan dalam hal ini. Rencana kedaruratan nasional perlu mengidentifikasi organisasi, rencana dan prosedur untuk menyediakan bantuan seperti ini.

Dalam tahap perencanaan daftar berikut ini harus dipersiapkan:

- i. daftar fasilitas medis pada tingkat lokal, regional dan nasional;
- ii. daftar fasilitas medis khusu di negara lain;

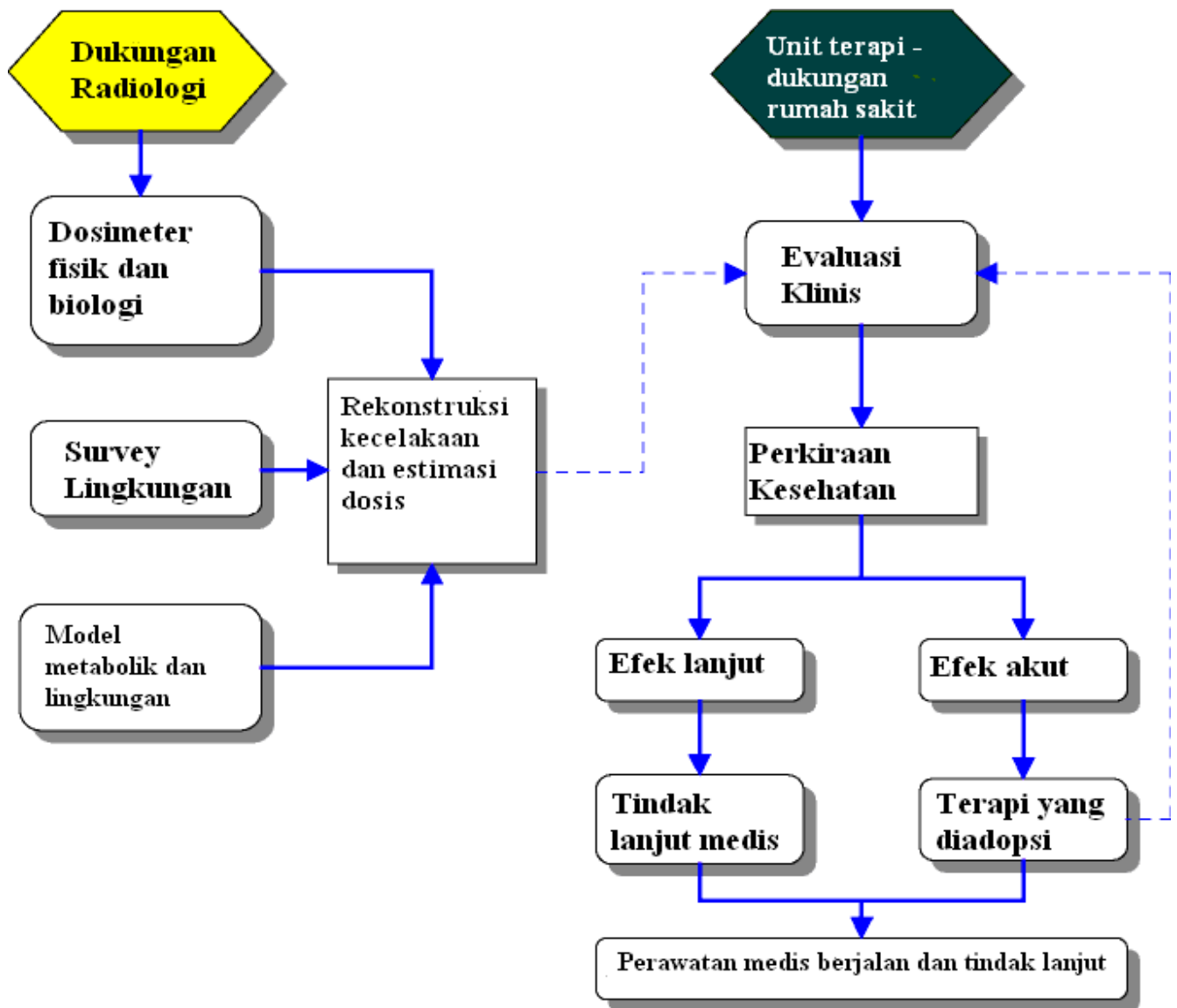
- iii. daftar staf medis dan pendukung dengan nomor telepon dan alamat disetiap lokasi masing masing
- iv. daftar pusat medis khusus untuk merawat pasien dengan radiasi yang menyebabkan luka luka kulit atau *immunosuppression*;
- v. daftar peralatan dan pasokan yang dibutuhkan untuk tanggap darurat, dan
- vi. persetujuan dengan pelayanan transportasi ambulan.

Prinsip dasar penanganan medis didasarkan pada kadar yang tinggi kepada metode yang digunakan untuk menangani kecelakaan tipe lain, mempertimbangkan spesifikasi dampak kesehatan yang mungkin dari radiasi dan masalah dengan kontaminasi.

Orang yang terpapar dengan dosis eksternal tingkat tinggi jarang terjadi dan biasanya terdapat diantara pegawai atau profesi lain. Dalam hal sumber yang dicuri atau hilang terbatas pada kelompok publik yang mungkin menerima dosis yang dapat mengarah ke dampak kesehatan deterministik. Situasi seperti ini membutuhkan perawatan medis yang khusus dan perawatan yang mendukung terhadap dampak awal dari radiasi akut. Dalam kejadian paparan internal, khusus radionuklida berumur panjang, *dekorporasi* mungkin dipertimbangkan, bahkan jika dosis dibawah ambang batas dampak kesehatan deterministik. Keputusan mengenai tingkat *dekorporasi* harus didasarkan dosis ekivalen terikat pad organ dan dosis terikat efektif.

Penanganan medis dalam situasi kedaruratan biasanya dibagi menjadi perawatan medis *on-site* (seringkali untuk pekerja) dan perawatan medis *off-site* ( untuk pekerja dan untuk penduduk terkena dampak). Untuk mengorganisasi tanggap medis ini direkomendasikan bawah semacam Sistem untuk Bantuan Medis Kedaruratan Radiasi dibawah pengawasan otoritas kesehatan yaitu Kementerian Kesehatan Publik. Struktur umum sisten diperlihatkan dalam Gambar III.





**GAMBAR III. Bantuan medis dalam antarmuka dan aktivitas kedaruratan radiologi.**

Kementerian Kesehatan Publik biasanya bertanggung jawab untuk menyediakan nasehat kepada departemen pemerintahan yang lain berkenaan implikasi kesehatan dari paparan radiasi yang ada. Kementerian ini juga bertanggungjawab untuk memastikan bawah rencana terbentuk untuk menyediakan perawatan, pemantauan dan nasehat kesehatan pada publik dan orang-orang yang mungkin mempunyai atau takut mereka telah terkontaminasi atau terpapar radiasi. Secara umum, terdapat tiga tingkat tanggap, sesuai dengan derajat kompleksitas, sehubungan dengan sumberdaya yang diperlukan untuk bantuan dan keparahan konsekuensi:

1. bantuan pertama disediakan ditempat kecelakaan
2. Pemeriksaan medis awal, investigasi rinci dan perawatan medis di rumah sakit umum; dan
3. Pemeriksaan dan perawatan lengkap dalam pusat medis khusus untuk perawatan luka radiasi.

Pada fasilitas dengan sumber radioaktif, petugas terlatih pada setiap *shift*/giliran harus biasanya menyediakan bantuan pertama yang dibutuhkan. Dalam hal luka serius, petugas medis dari pusat medis *off-site* harus tersedia. Tujuan dari penanganan medis ialah mencegah luka traumatis yang merengut nyawa, juga pengkajian yang mengkin terhadap kontaminasi dan kinerja dekontaminasi terbatas. Jika orang-orang telah menerima dosis tinggi melebihi ambang untuk dampak kesehatan biasanya hal ini direkomendasikan untuk membawanya langsung ke rumah sakit dengan spesialisasi tinggi untuk pemeriksaan medis lengkap, perawatan dan pengkajian dosis.

Semua orang yang terlibat dalam kecelakaan radiologi harus dengan hati-hati diwawancarai untuk menyediakan deskripsi rinci situasi kedaruratan, posisi orang di tempat kecelakaan dan waktu yang digunakan disana. Ini perlu untuk tujuan rekonstruksi dosis.

Untuk situasi yang melibatkan orang terpapar dalam jumlah besar satu dari prosedur biasa adalah *triage* orang - tindakan untuk mengidentifikasi orang dengan tingkat dan jenis kerusakan yang berbeda-beda. Contoh, setelah kecelakaan radiasi Goiânia 112800 orang di *triage* berdasarkan tingkat kerusakan [31]. Untuk melaksanakan *triage* fasilitas medis yang ada dapat digunakan efektif.

Orang-orang manapun yang terkontaminasi eksternal atau yang dicurigai terkontaminasi harus ditampung dalam wilayah yang nyaman untuk mencegah penyebaran kontaminasi. Dia harus didekontaminasi sebisa mungkin (dalam hal kepraktisan). Prioritas dikenakan pada orang-orang yang terkontaminasi parah dan terhadap orang-orang yang mempunyai luka terbuka atau kontaminasi dekat mulut dan muka, untuk mengurangi resiko kontaminasi internal.

Tugas staf medis tahap *off-site* pertama harus mengidentifikasi tipe, asal, keparahan dan sifat mendesak kasus. Prinsip dasar ialah bawah perawatan luka serius atau yang merengut nyawa harus mendapatkan prioritas di atas tindakan lain. Klasifikasi mudah dari kasus dapat seperti berikut:

#### 1. Orang dengan gejala paparan radiasi

Pasien-pasien harus dibawa ke rumah sakit khusus setelah perawatan medis yang sesuai. Pengalaman telah memperlihatkan paparan eksternal tertentu seringkali tanpa kontaminasi radioaktif ialah konsekuensi paling umum dalam kecelakaan radiasi. Dalam kebanyakan kasus perawatan dapat ditawarkan dalam unit rumah sakit yang khusus untuk tujuan ini sebagai bagian rencana medis kedaruratan.

#### 2. Orang dengan luka kombinasi (radiasi plus trauma konvensional)

Perawatan pasien seperti ini harus disesuaikan tergantung dari sifat dan derajat kombinasi luka. Biasanya kombinasi paparan radiasi dengan luka mekanis, panas atau kimia dapat merusak perkiraan.

#### 3. Orang dengan kontaminasi internal dan/atau eksternal

Individu-individu ini perlu dipantau untuk mengkaji kontaminasi jika ada. Fasilitas dekontaminasi akan dibutuhkan. Ini mungkin bawah kontaminasi sendiri, tanpa luka fisik atau dosis signifikan dari radiasi eksternal, cukup menyebabkan dampak akut pada pasien tetapi bukan pada pedamping. Dekontaminasi diperlukan untuk mencegah atau mengurangi paparan lebih lanjut, untuk mengurangi resiko inhalasi atau ingesti bahan kontaminasi dan mengurangi penyebaran kontaminasi.

4. Orang yang berpotensi terkena gejala radiasi.

Pasien pasien tidak memerlukan perawatan medis secepatnya tetapi membutuhkan evaluasi mendesak mengenai tingkat dosis. Dikarenakan hal ini, staf medis harus mempunyai pengetahuan, prosedur yang dibangun, perlengkapan dan pasokan yang cukup untuk melaksanakan pemeriksaan medis, biologi pertama dan analisa, yang dierpukan secara cepat setelah kecelakaan.

5. Orang yang tidak terpapar dengan trauma konvensional.

Pasien pasien harus dibawa ke rumah sakit khusus dimana perawatan medis dapat diadaptasi menurut tipe patologis.

6. Orang yang dinyatakan tidak terluka dan tidak terpapar

Pasien biasanya dikirim kerumah/tempat tinggal. Kadang kadang tindak lanjut medis harus disediakan untuk memastikan bahwa pengkajian pertama adalah benar dan untuk mengevaluasi dosis lebih akurat.

Pada semua tahap perawatan medis, perawatan individu yang terkontaminasi tinggi akan membutuhkan fasilitas khusus atau terisolasi dengan prosedur khusus yang membatasi penyebaran kontaminasi dan pembuangan limbah terkontaminasi. Untuk deteksi kontaminasi radioaktif, peralatan yang diperlukan harus tersedia, seperti, instrumen pemantau radiasi khusus, *whole body counter* dan *iodine thyroid counter*. Biasanya Petugas Proteksi Radiasi atau fisikawan kesehatan melakukan pengukuran. Untuk tujuan rekonstruksi dosis, instrumen dan metode yang berbeda dapat digunakan seperti *EPR spectrometry* dan *cytogenetic dosimetry*. Dikarenakan hal ini, kumpulan berbagai jaringan (darah, rambut dan gigi) dan baju dari orang yang terpapar dan tidak terkontaminasi harus diatur. Pengadaan (tas plastik, label, dll) harus dibuat terlebih dahulu.

Staf medis yang menangani orang-orang yang terkontaminasi harus menggunakan pakaian pelindung (*overalls, masks, plastic gloves, overshoes* seperti yang dibutuhkan), dosimeter personal, dan harus dipantau untuk kontaminasi yang mungkin. Pengadaan untuk baju gantim cadangan pakaian yang perlu, tempat untuk pencucian staff harus diadakan lebih dahulu. Pakaian terkontaminasi harus dengan hati-hati dipindahkan dan dibuang dalam tas plastik yang ditandai dengan benar. Dekontaminasi kering menggunakan handuk mungkin praktis untuk mendekontaminasi orang jika akses ke pancuran tidak mungkin. Penggosokan kasar tidak direkomendasikan dikarenakan dapat melukai kulit dan menyebabkan kontaminasi internal. Jika rambut terkontaminasi parah, memotongnya merupakan solusi yang paling efektif dan mudah. Dekontaminasi harus biasanya diulangi sampai pengukuran mengindikasikan tingkat latarbelakang. Pengumpulan cairan pembersih terkontaminasi direkomendasikan, tetapi tidak praktis.

Pada tingkat nasional ini perlu untuk menyediakan bantuan khusus pada korban dengan gejala radiasi akut atau luka radiologi pada kulit. Untuk tujuan ini perlu untuk mengindikasikan sebelumnya rumahsakit berspesialisasi tinggi dengan berbagai departemen (haematology, haemotherapy, perawatan intensif, bedah plastik) dan membangun persetujuan untuk merawat orang terpapar tinggi pada rumah sakit itu. Kemampuan untuk merawat paparan tinggi dalam suatu negara tidak penting dan dapat diraih melalui IAEA atau Pusat kolaborasi WHO (Argentina, Australia, Brasil, Perancis, Jerman, Jepang, Rusia, USA).

Petugas pendukung dan staff medis harus dilatih dengan tujuan dan prinsip proteksi radiasi, konsekuensi kesehatan paparan dan metode untuk menangani orang yang terpapar dan/atau terkontaminasi. Pelatihan harus mencakup uji coba dan latihan dalam tanggap medis dan melaksanakan pemantauan kontaminasi, dekontaminasi, wawancara, dan lain-lain.

Manajemen setiap fasilitas medis yang ditunjuk bertanggung jawab untuk aspek aspek berikut ini:

- (a). Penunjukkan dan, jika perlu pelatihan tambahan pada staff yang sesuai
- (b). Pengembangan rencana dan prosedur kedaruratan rinci
- (c) indikasi ruang dimana penerimaan dan perawatan dilaksanakan, dan
- (d) pengadaan dan perawatan layak akan perlengkapan khusus dan semua baham yang diperlukan.

Untuk aspek medis rinci dari tanggap medis selama kedaruratan merujuk pada [30, 31] dan untuk sejarah kasus pada [29, 32, 33, 34 ,35].

## Tambahan III

### PEDOMAN UNTUK INSTRUMENTASI YANG SESUAI\*

Tujuan dari Instrumentasi survey radiasi dalam pemanggilan tanggap pertama ialah untuk menentukan apakah bahaya radiasi secara fakta, ada, dan untuk untuk membuat estimasi yang wajar tetapi terutama tidak akurat terhadap ukuran besarnya bahaya.

\*Text dalam tambahan ini telah diekstraksi dari *NAIR Handbook*, edisi 1995m dipublikasi oleh NRPB [36].

#### *Identifikasi dan menentukan lokasi sumber radiasi*

Pada saat sampai di tempat kecelakaan satuan tanggap pertama mungkin tidak tahu jika paparan atau bahaya kontaminasi ada. Banyak insiden melibatkan sumber radiasi yang dicurigai. Ini penting untuk membentuk secara cepat apakah tingkat radiasi diatas latar belakang yang telah ditentukan sebelumnya ada. Insiden lain dapat melibatkan pencarian sumber radiasi yang hilang, yang dapat berupa tidak terlindungi atau masih dalam kontainer.

Instrumen terbaik untuk tujuan diatas ialah dengan detektor *sodium-iodide*, yang dapat memberikan (beberapa instrumen lebih baru) juga informasi tentang radionuklida yang terlibat. Instrumen pencacah proporsional dan *Geiger-Mueller* (GM) yang sensitif merupakan pengganti yang berguna, walaupun alat ini kurang sensitif dari pada sintilasi *sodium-iodide* terhadap emisi gamma dalam rentang energi 1 MeV. Untuk menolong pencariang melalui ronggokan diluar, atau dalam kondisi sulit lainnya, instrumen harus (lebih disukai) mempunyai output audio dan *headphones*.

#### *Mengukur laju dosis gamma*

Instrumen dari tipe yang disebutkan diatas sulit digunakan untuk pengukuran kuantitatif karena mereka tergantung energi diatas rentang energi gamma yang luas dan maka dari itu satuan tanggap yang tidak terlatih dalam tehnik kalibrasi instrumen harus menggunakan intrumen untuk deteksi dan bukan pengukuran. Pengukuran dilaksanakan (dengan cara yang paling baik) dengan instrumen terkompensasi energi yang mempunyai tanggap seragam dari sekitar 50 keV keatas. Instrumen seperti ini umumnya menggunakan *GM tubes*, kamar ionisasi, sintilator plastik atau pencacah proporsional terkompensasi energi. Instrumen harus mampu mengukur laju dosis dari  $1 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$  atau lebih.

Instrumen *GM tube* umumnya lebih kecil dan ringan daripada tipe lain, dan biasanya mempunyai output audio. Bagaimanapun, Instrumen GM terkompensasi energi tidak akan mengukur energi gelombang gamma dan X dibawah sekitar 50 keV, dan tidak mampu mendeteksi partikel.

Instrumen kamar ionisasi kurang mudah digunakan pada laju dosis rendah daripada *GM tubes*: mereka mengalami perubahan dalam temperatur dan kelembaban dan kurang kuat. Bagaimanapun, mereka akan beroperasi pada energi gamma rendah sampai 10 keV, yang berguna untuk radionuklida seperti I-125, sangat sensitif dan dapat menjangkau rentang laju dosis gamma yang lebar, pada energi kebawah sampai sekitar 30keV, tetapi alat ini cenderung berat dan tidak berguna untuk radiasi beta.

### *Mengukur laju dosis beta*

Sumber pemancar beta murni kurang umum/lazim dibandingkan emisi gamma, tetapi dapat dihadapi dalam *beta backscatter* dan *thickness gauges*. Instrumen kamar ionisasi dapat digunakan, juga *thin end window GM tubes*.

### *Mengukur kontaminasi beta*

Kontaminasi beta dapat dihadapi dalam kecelakaan melibatkan radiofarmasi, dan sumber gamma bersebel yang bocor (kebanyakan adalah emisi gamma/beta) atau radiokimiawi yang digunakan dalam industri dan pertanian. Instrumen yang sesuai yaitu instrumen yang menggunakan *thin end window GM tubes*, detektor sintilasi beta atau pencacah proporsional dengan plastik dilapisi aluminium atau *titanium windows*.

Problem paling serius dalam menggunakan instrumen ini ialah kemungkinan rusak pada *window*, mengarah pada kegagalan total tipe proporsional dan GM, atau sensitivitas penerangan yang serius menyebabkan sensitivitas yang lebih rendah dalam detektor sintilasi. Ketika memeriksa kontaminasi beta ini akan seringkali diperlukan untuk mengambil secara acak sampel (menggunakan filter atau kertas lain) dan memantaunya jauh dari sumber gamma atau *X ray* yang lain.

Tritium khususnya sulit untuk mendeteksi dikarenakan emisi betanya yang sangat halus (energi rendah). Instrumen yang paling cocok ialah pencacah proporsional *windowless gas flow*, tetapi dalam praktek ini mungkin memuaskan untuk mengandalkan *liquid scintillation counting of wipes* setelah kejadian ini.

### *Mengukur Laju dosis X-ray dan kontaminasi*

Emisi X-ray sangat lazim/umum dalam radiofarmasi. Instrumen yang sesuai mencakup detektor tipis – *sodium iodide* dan pencacah proporsional *Xenon – filled*. Kontaminasi yang dicurigai disebabkan oleh emisi X-ray akan hampir selalu membutuhkan sampel dan pemantauannya jauh dari sumber radiasi lain, termasuk pengemasnya yang dicurigai.

Mengukur X rays dari generator X-ray memerlukan peralatan khusus dan pengalaman.

### *Mengukur kontaminasi alfa*

Dikarenakan partikel alfa berpindah hanya jarak yang pendek di udara, maka sulit dideteksi. Partikel alfa tidak dapat dideteksi melalui bahkan lapisan air, darah, tanah, kertas, atau bahan lain yang tipis. Variasi instrumen telah didesain untuk mengukur radiasi alfa. Pelatihan khusus dalam penggunaan instrumen ini ialah penting untuk membuat pengukuran yang akurat. Instrumen yang cocok mencakup pencacah sintilasi *thin-windowed zinc-sulphide* dan pencacah proporsional *thin-windowed refillable*. *Thin end window GM tubes* juga memuaskan untuk tingkat kebawah sampai  $5 \text{ Bq cm}^{-2}$ .

## *Pasokan*

Peralatan berguna lainnya yang harus membentuk “*equipment kit*” permanent mencakup, *notebooks*, pen tahan air, *hand torch*, kalkulator saku, *steel tape measure*, tas plastic, *PVC tape* untuk menutup tas, dan kertas filter untuk menggosok (*wipe*). Pot dan tong timah berguna untuk memulihkan sumber gamma yang kecil, pot dengan lapisan 25 mm cukup *portable* dan menyediakan perisai yang memadai.

Sebagai tambahan dosimeter personal normal ini sangat direkomendasikan untuk membawa dosimeter baca langsung, seperti QFE atau yang lebih baik, dosimeter alarm aktif.

Kit ini harus mencakup pakaian pelindung yang anti-air, tampak, dan mudah didekontaminasi jika perlu, bersama sarung tangan, boots *wellington* dan helm keselamatan. Kamera juga harus dimasukkan sebagai alat untuk merekam insiden.

Peralatan yang terdaftar disini dianjurkan sebagai hal yang minimum harus dipenuhi oleh satuan tanggap awal. Daftar peralatan yang lebih rinci untuk tugas khusus diberikan dalam referensi [6].

TABEL III. DATA RADIONUKLIDA DAN PEDOMAN UNTUK DETEKTOR YANG COCOK.

Variasi yang luas dari penggunaan bahan radioaktif tercermin dalam radionuklida berjumlah besar yang dapat terlibat dalam kecelakaan radiologi. Tabel dalam tambahan ini memberikan waktuparuh pada hampir semua nuklida ini, dan emisi yang paling terkenalnya. Tabel tidak hanya memperhatikan sifat emisi dan kemampuan berbagai tipe instrumen, tabel juga mengidikasi instrumen yang cocok untuk pengukuran laju dosis dan kontaminasi.

Radionuclide	Half-life	Prominent radiations and maximum energies [MeV]	Kecocokan untuk pengukuran laju dosis				Kecocokan untuk pengukuran kontaminasi						
			Energy compensated GM	End window GM	Ionisation chamber	Plastic scintillator	End window GM	Full energy $\beta$ scintillator	High energy $\beta$ scintillator	Xe-filled proportional	Refillable proportional	$\alpha$ scintillator	NaI scintillator
H-3	12.3 a	$\beta^-$ 0.019	Tidak ada bahaya eksternal				-	-	-	-	-	-	-
Be-7	53.3 d	$\gamma$ 0.48	R	U	R	R	-	-	-	R	-	-	R
C-14	$5.7 \cdot 10^3$ a	$\beta^-$ 0.156	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
Na-22	2.6 a	$\beta^+$ 0.55 $\gamma$ 1.28	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Na-24	15.0 h	$\beta^-$ 1.4 $\gamma$ 1.4, 2.8	S	U	R	S	R	R	R	R	R	-	U
P-32	14.3 d	$\beta^-$ 1.7	-	R	R	-	R	R	R	R	R	-	U
S-35	87.5 d	$\beta^-$ 0.17	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
Cl-36	$3.0 \cdot 10^5$ a	$\beta^-$ 0.71	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
K-42	12.4	$\beta^-$ 3.6 $\gamma$ 1.5	S	U	R	S	R	R	R	R	R	-	U
Ca-45	163.0 h	$\beta^-$ 0.26	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
Ca-47	4.5 d	$\beta^-$ 0.69 (82%) $\gamma$ 1.3, 2.0 (18%)	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Sc-46	83.8 d	$\beta^-$ 0.36 $\gamma$ 1.0	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Cr-51	27.7 d	$x$ 0.005 $\gamma$ 0.3	S	U	R	S	-	-	-	P	-	-	P
Ma-54	312.5 d	$\gamma$ 0.8	R	U	R	R	-	-	-	P	-	-	P
Fe-55	2.7 a	$x$ 0.006	-	U	R	-	-	-	-	P	-	-	P
Fe-59	45.1 d	$\beta^-$ 0.4 $\gamma$ 1.2	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Co-56	78.8 d	$\beta^+$ 1.5 $\gamma$ 1-3	S	U	R	S	-	-	-	-	-	-	R
Co-57	271.4 d	$\gamma$ 0.13	R	U	R	R	-	-	-	P	-	-	P
Co-58	70.8 d	$\beta^+$ 0.5 $\gamma$ 0.8	S	U	R	S	U	U	-	P	U	-	P
Co-60	5.3 a	$\beta^-$ 0.3 $\gamma$ 1.3	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Ni-63	100.0 a	$\beta^-$ 0.066	-	U	R	-	-	P	-	-	P	-	-
Zn-65	243.8 d	$\gamma$ 1.1	R	U	R	R	-	-	-	R	U	-	P
Se-75	119.8 d	$\gamma$ 0.1-0.4	R	U	R	R	-	-	-	R	-	-	R
Br-82	1.5 d	$\beta^-$ 0.4 $\gamma$ 0.5-1.5	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-



Radionuclide	Half-life	Prominent radiations and maximum energies [MeV]	Kecocokan untuk Pengukuran Laju dosis				Kecocokan untuk Pengukuran Kontaminasi						
			Energy compensated GM	End window GM	Ionisation chamber	Plastic scintillator	End window GM	Full energy $\beta$ scintillator	High energy $\beta$ scintillator	Xe-filled proportional	Refillable proportional	$\alpha$ scintillator	NaI scintillator
Kr-85	10.7 a	$\beta^- 0.7$	-	U	R	-	-	-	-	-	-	-	-
Ru-86	18.7 d	$\beta^- 1.8$ $\gamma 1.1$	S	U	R	S	R	R	R	R	R	-	-
Sr-85	64.8 d	$\gamma 0.5$	R	U	R	R	-	-	-	R	-	-	R
Sr-89	50.5 d	$\beta^- 1.5$	-	R	R	-	R	R	R	R	R	-	U
Sr-90	29.1 a	$\beta^- 0.5$	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
Y-88	106.6 d	$\gamma 1.8$	R	U	R	R	-	-	-	R	-	-	R
Y-90	2.7 d	$\beta^- 2.3$	-	R	R	-	R	R	R	R	R	-	U
Y-91	58.5 d	$\beta^- 1.5$	-	R	R	-	R	R	R	R	R	-	U
Zr-95	64.0 d	$\beta^- 0.4$ $\gamma 0.7$	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Nb-95	35.2 d	$\beta^- 0.16$ $\gamma 0.76$	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Mo-99	2.8 d	$\beta^- 1.2$ $\gamma 0.7$	S	U	R	S	R	R	R	R	R	-	U
Te-99	2.1 $10^5$ a	$\beta^- 0.3$	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
Te-99m	6.0 h	$\gamma 0.14$	R	U	R	R	-	-	-	-	-	-	R
Ru-103	39.4 d	$\beta^- 0.2$ $\gamma 0.5$	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Ru-106	1.0 a	$\beta^- 1.5-3.6$ $\gamma 0.5-2.9$	S	U	R	S	R	R	R	R	R	-	U
Ag-110m	249.9 d	$\beta^- 0.5$ $\gamma 0.6-1.5$	S	U	R	S	R	R	R	R	R	-	U
Cd-109	1.3 a	x 0.02 $\gamma 0.09$	S	U	R	S	-	-	-	-	-	-	R
In-111	2.8 d	x 0.02 $\gamma 0.2$	S	U	R	S	-	-	-	R	-	-	R
Sn-113	115.1 d	x 0.02 $\gamma 0.4$	S	U	R	S	-	-	-	R	-	-	R
Sn-119m	293.0 d	x 0.02	-	U	R	U	-	-	-	R	-	-	R
Sb-124	60.2 d	$\beta^- 0.1-2.3$ $\gamma 0.6$	S	U	R	S	R	R	U	R	R	-	R
Sb-125	2.7 a	$\beta^- 0.6$ $\gamma 0.6$	S	U	R	S	R	-	-	-	-	-	-
I-125	60.1 d	x $\gamma 0.03$	-	U	R	U	-	-	-	R	-	-	R
I-129	1.6 $10^7$ a	$\beta^- 0.15$ x 0.03	-	U	R	S	R	R	-	R	R	-	R
I-131	8.0 d	$\beta^- 0.6$ $\gamma 0.4$	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Xe-133	5.3 d	$\beta^- 0.3$ $\gamma 0.08$	S	U	R	S	-	-	-	-	-	-	-
Cs-134	2.1 a	$\beta^- 0.6$ $\gamma 0.7$	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Cs-137	30.0 a	$\beta^- 0.5$ $\gamma 0.7$	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-

Radionuclide	Half-life	Prominent radiations and maximum energies [MeV]	Kecocokan untuk pengukuran laju dosis				Kecocokan untuk pengukuran kontaminasi						
			Energy compensated GM	End window GM	Ionisation chamber	Plastic scintillator	End window GM	Full energy $\beta$ scintillator	High energy $\beta$ scintillator	Xe-filled proportional	Refillable proportional	$\alpha$ scintillator	NaI scintillator
Ba-133	10.7 a	$\gamma$ 0.3	R	U	R	R	-	-	-	R	-	-	R
Ba-140	12.7 d	$\beta^-$ 1.0 $\gamma$ 0.5	S	U	R	S	R	R	U	R	R	-	U
La-140	1.7 d	$\beta^-$ 1-2 $\gamma$ 0.3-2.5	S	U	R	S	R	R	R	R	R	-	U
Ce-139	137.7 d	$\gamma$ 0.2	R	U	R	R	-	-	-	R	-	-	R
Ce-141	32.5 d	$\beta^-$ 0.5 $\gamma$ 0.15	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Ce-144	284.9 d	$\beta^-$ 3 $\gamma$ 1-2	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Pm-147	2.6 a	$\beta^-$ 0.2	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
Sm-151	89.9 a	$\beta^-$ 0.6	-	U	R	-	R	R	U	R	R	-	-
Eu-152	13.3 a	$\beta^-$ 0.7 $\gamma$ 0.3-1.3	S	U	R	S	U	U	-	R	U	-	R
Gd-153	242.0 d	$x$ $\gamma$ 0.04-0.1	R	U	R	R	-	-	-	R	-	-	R
Tb-160	72.3 d	$\beta^-$ 0.5-1 $\gamma$ 0.1-1.3	S	U	R	S	R	R	U	R	R	-	-
Tm-170	128.6 d	$\beta^-$ 1, $x$ $\gamma$ 0.01-0.08	S	U	R	S	R	R	U	R	R	-	-
Yb-169	32.0 d	$x$ $\gamma$ 0.01-0.3	R	U	R	R	R	R	-	R	R	-	R
W-185	75.1 d	$\beta^-$ 0.4	-	R	R	-	R	R	-	R	R	-	-
Ir-192	74.0 d	$\beta^-$ 0.7 $\gamma$ 0.5	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Au-198	2.7 d	$\beta^-$ 1 $\gamma$ 0.4	S	U	R	S	R	R	U	R	R	-	U
Au-199	3.1 d	$\beta^-$ 0.4 $\gamma$ 0.2	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Hg-103	46.6 d	$\beta^-$ 0.2 $\gamma$ 0.3	S	U	R	S	R	R	-	R	R	-	-
Tl-204	3.8 a	$\beta^-$ 0.8	-	R	R	-	R	R	U	R	R	-	U
Pb-210	22.3 a	$\beta^-$ 0.06 $\gamma$ 0.05	S	U	R	S	-	-	-	U	-	-	U
Po-210	138.4 d	$\alpha$	Tidak ada bahaya eksternal				-	-	-	-	R	R	-
Ra-226	1.6 $10^3$ a	$\alpha$ $\beta^-$ 3 $\gamma$ 0.2-2	S	U	R	S	R	R	R	R	U	U	-
Th-228	1.9 a	$\alpha$ $\beta^-$ 2 $\gamma$ 0.1-3	S	U	R	S	U	U	-	-	R	R	-
Th-232	1.41 $10^{10}$ a	$\alpha$ $\beta^-$ 2 $\gamma$ 0.5-2	-	-	-	-	U	U	-	-	R	R	-

Radionuclide	Half-life	Prominent radiations and maximum energies [MeV]	Kecocokan untuk pengukuran laju dosis				Kecocokan untuk pengukuran kontaminasi						
			Energy compensated GM	End window GM	Ionisation chamber	Plastic scintillator	End window GM	Full energy $\beta$ scintillator	High energy $\beta$ scintillator	Xe-filled proportional	Refillable proportional	$\alpha$ scintillator	NaI scintillator
U-238	4.5 10 <sup>9</sup> a	$\sim$ 2 $\sim$ 0.1-2	S	U	R	S	U	U			R	R	-
Ne-237	2.1 10 <sup>6</sup> a	$\sim$ 0.03-0.4	S	U	R	S	U	U			R	R	
Pu-238	87.7 a	$\sim$ 0.0004	Tidak ada bahaya eksternal				U	U			R	R	
Pu-239	2.4 10 <sup>4</sup> a	$\sim$ 0.0004	S	U	S	S	U	-			R	R	U
Am-241	432.0 a	$\sim$ 0.0004	R	U	R	R	-	-			R	R	U
Cm-244	18.1 a	$\sim$ 0.0004	Tidak ada bahaya eksternal				U	U			R	R	-
Cf-252	2.6 a	$\sim$ 0.0004	R	U	R	R	U	U			R	R	-

### CATATAN:

Data nuklida mencakup emisi dari produk luruh yang kemungkinan muncul dan tidak diperlihatkan didalam tabel secara terpisah.

- R direkomendasikan
- S di rekomendasikan ketikas emisi beta atau X ray yang rendah energi dari sumber yang disegel oleh kemasan atau dikarenakan bahan dalam bentuk sumber terenkapsulasi.
- U dapat digunakan ketika peralatan yang direkomendasikan tidak ada
- P kehati hatian diperlukan: hasil tergantung secara kritis/beresiko pada penyesuaian intrumen.
- tidak cocok

## TAMBAHAN IV

### KEMASAN TRANSPORTASI DAN IDENTIFIKASI SUMBER

Pelabelan dan pengiriman kontainer menuliskan persyaratan yang umumnya berlaku kepada semua zat bahaya yang berpindah pindah dalam perdagangan umum, dan menyediakan tangkap darurat dengan informasi penting tentang tipe bahaya yang dijumpai. Kebanyakan pengiriman bahan dan sumber radioaktif dalam kontainer atau kemasan yang telah dirancang/dirumuskan, didampingi oleh dokumen pengiriman atau “*bills of lading*” yang mengidentifikasi kandungan, kuantitas dan tingkat aktivitas. Dokumen pengiriman dan label kemasan seperti itu mempunyai nilai tinggi dalam mengjaji bahaya radiasi potensial pada kecelakaan transportasi.

#### *Kemasan “Excepted/terkecuali”*

- Tidak ada proteksi khusus selain pengungkung/wadah untuk kandungan radioaktif
- Digunakan untuk radionuklida berjumlah sangat kecil, yang menimbulkan bahaya yang dapat diabaikan jika kemasan rusak.
- Laju dosis pada titik manapun pada permukaan eksternal tidak melebihi 5  $\mu\text{Sv/h}$
- Tidak ada label “*Radioactive*” eksternal. Kendaraan membawa kemasan “*Excepted*” tidak dipersyaratkan mengenakan plakard.

#### *Kemasan “Industrial/Industri”.*

- Digunakan untuk barang berukuran fisik besar yang mempunyai aktivitas rendah atau yang terkontaminasi permukaannya, dapat berupa drum atau sekumpulan tanki.
- Ditujukan hanya untuk mencegah hilangnya kandungan dibawah kondisi pengangkutan normal.
- Harus dilabelkan “Aktivitas Rendah” atau “Objek terkontaminasi Permukaan”
- Mencakup sekumpulan pengirirman limbah radioaktif tingkat rendah, atau bahan campuran thorium atau uranium.

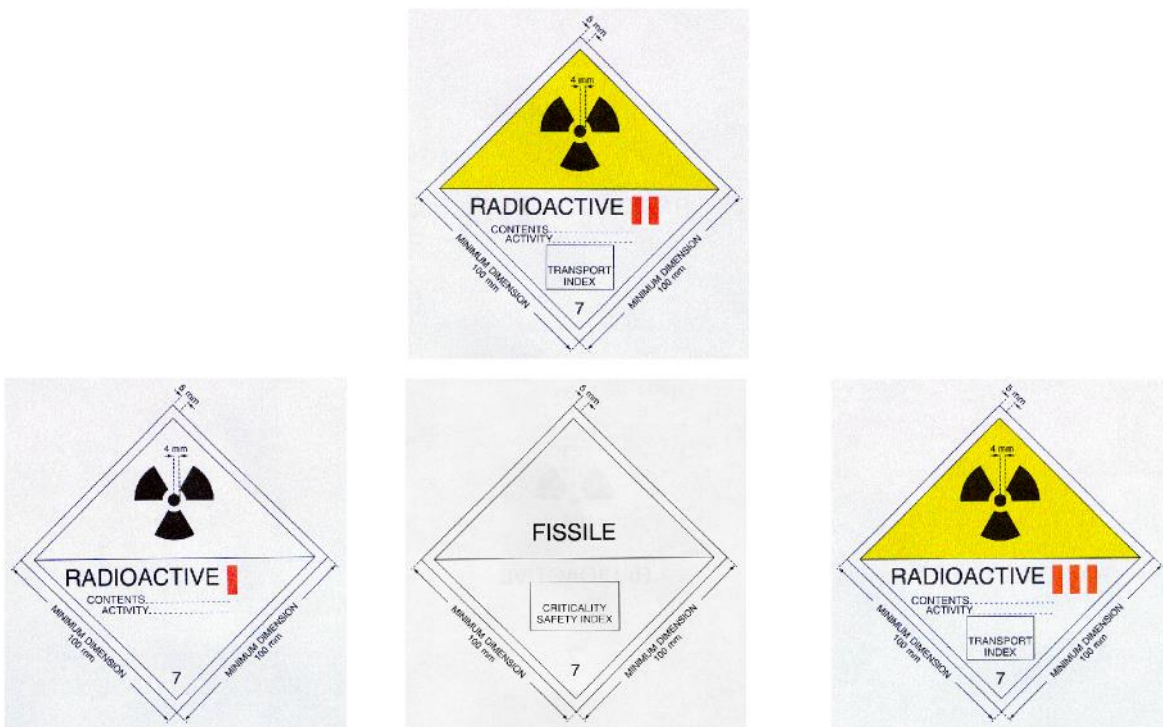
#### *Kemasan “Tipe A”*

- Ditujukan untuk menyediakan pewadahan dan perisai yang memadai untuk bahan radioaktif jumlah terbatas, dalam lingkungan pengangkutan normal.
- Setiap kemasan membawa label “*Radioactive*” dan penunjukkan kategori (“I,II, atau III dalam angka merah”) yang berkaitan laju dosis pada atau dekat permukaan. Lihat Tabel IV 1)

TABEL IV 1. PELABELAN PADA KEMASAN PENGANGKUTAN

Kategori Label	Tingkat radiasi maksimum pada permukaan [mSv/jam]	Tingkat radiasi maksimum pada 1 m [mSv/jam]
I- PUTIH	0.005	-
II- KUNING	0.5	0.01
III- KUNING	2	0.1

- Jika kemasan yang telah terlibat dalam kecelakaan kelihatan kokg atau mengalami rusak dipermukaan, dan juga laju dosis yang terukur sama dengan kategori pada label, tidak perlu untuk meminta tindakan proteksi kepada pelayanan kedaruratan dan untuk publik.
- Label Kategori I mempunyai latarbelakang putih; label kategori II dan III setengah kuningan dan putih (lihat gambar IV 1).
- Ukuran kemasan tidak berhubungan dengan kategori pada label.



GAMBAR IV 1. Label kategori transportasi

#### *Kemasan "Tipe B"*

- Biasanya berbentuk tong kecil, ditujukan untuk menahan kondisi kecelakaan parah.
- Botol pengangkutan besar uang digunakan industri tenaga nuklir; kemungkinan dijumpai dalam kecelakaan pengangkutan ialah sangat kecil.
- Dilabelkan sebagai Tipe B dan kategori I,II atau II dan penandaan antiapi/antiair.

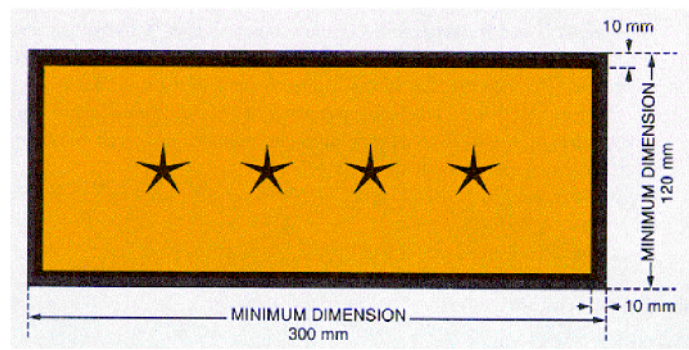
#### *Kemasan "Tipe C"*

- Dirancang untuk mengangkut bahan radioaktif beraktivitas tinggi oleh pesawat.
- Kemasan ini sama dengan Tipe B tetapi didesain untuk tahan terhadap uji yang lebih parah

#### *Memberikan placard pada kendaraan, kontainer, dan tanki*

- Regulasi pengangkutan membutuhkan placarding kendaraan dan kontainer dalam kebanyakan situasi.
- Kontainer pengangkutan atau tanki harus di *placard* dengan Nomor Komoditas PBB yang menerangkan kandungan, diamna polisi dan pemadam kebakaran dapat menartikannya.

- Kendaraan jalan raya harus membawa *placard* peringatan pada setiap sisi dan belakang, dan pemberitahuan tahan api dalam ruang pengendar. Kemasan di angkut melalui jalan raya membutuhkan sertifikat pengirim yang memberikan rincian bahan yang sedang dibawa: dalam kebanyakan kasus pengemudi/supir membawa salinannya ( *a copy* )
- Keerata api membawa bahan radioaktif bersama parsel atau barang lain tidak dipersyaratkan di *placard*
- Pengguna profesional tertentu dapat membawa bahan radioaktif di kendaraan jalan raya tanpa *placarding* dan tanpa sertifikat pengirim. Penggunaan ini adalah radiographer tapak dan staf rumah sakit tertentu. Bagaimanapun, kemasan yang sesuai harus digunakan dan dilabel benar, dan pemberitahuan tahan api harus dibawa dalam ruang pengemudi/supir.



### Sumber tidak terbungkus dan hilang

Tanggap darurat dapat dipanggil menuju insiden yang melibatkan sumber hilangm atau sumber radiografi gamma yang tidak dapat dikembalikan ke kontainer shieldingnya ( walaupun radiografer tapak harus dilatih untuk menangani ini). Intrumen mengandung sumber radioaktif dapat juga rusak ketika dalam penggunaan , contoh *moisture* dan *density gauges* telah dilindas oleh stum aspal (*road rollers*).

Sumber radioaktif hadir dalam semua bentuk fisik dan jika dipisah dari kemasannya , tidak akan ditandai. Tanpa bantuan instruneb survey yang cocok, pencarian visual yang murni untuk sumber hilang kemungkinan tidak sukses.

### Kemasan kosong

Banyak insiden ditemukan melibatkan kontainer kosong sebelumnya digunakan untuk membungkus bahan radioaktif. Kontainer ini , tanda pemberitahuan telah dilepas dan diganti oleh label yang menyatakan “Kosong – Mengukung bahan radioaktif”. Terdapat persyaratan hukum berkaitan perusakan, pencabutan dan penyalahgunaan label “Radioaktif”.

Untuk informasi tambahan berkenaan pembungkusan pengangkutab dan regulasi, lihat [7, 8, 36 ,37].

## Tambahan V

### KECELAKAAN DENGAN DAMPAK ANTAR NEGARA

Kecelakaan parah pada instalasi nuklir dapat mempunyai konsekuensi yang mungkin memberi dampak pada negara yang jauh dari negara yang mengalami kecelakaan. Sesuai dengan Konvensi pada Notifikasi Awal Kecelakaan Nuklir [10] otoritas kompeten nasional akan diberitahu mengenai kecelakaan seperti itu, setelah IAEA menerima notifikasi dari negara yang terkena celaka. Sasaran utama tanggap ialah mengurangi kemungkinan dampak kesehatan stokastik (contoh kanker) menuju ALARA. Keputusan berkenaan tindakan proteksi dalam negara yang terkena dampak harus berdasarkan pemantauan lingkungan dan pengukuran pangan dan pertama perbandingan pada tingkat intervensi operasional (OIL) dan setelahnya menuju tingkat tindakan generik atau nasional.

Ancaman paling signifikan dari kecelakaan seperti itu dikarenakan kontaminasi lingkungan (deposisi). Deposisi tertinggi jika hujan datang pada waktu keluk (*plume*) berpapasan. Terlepas dari ancaman aktual, persepsi ancaman yang disampaikan media merupakan konsekuensi yang signifikan.

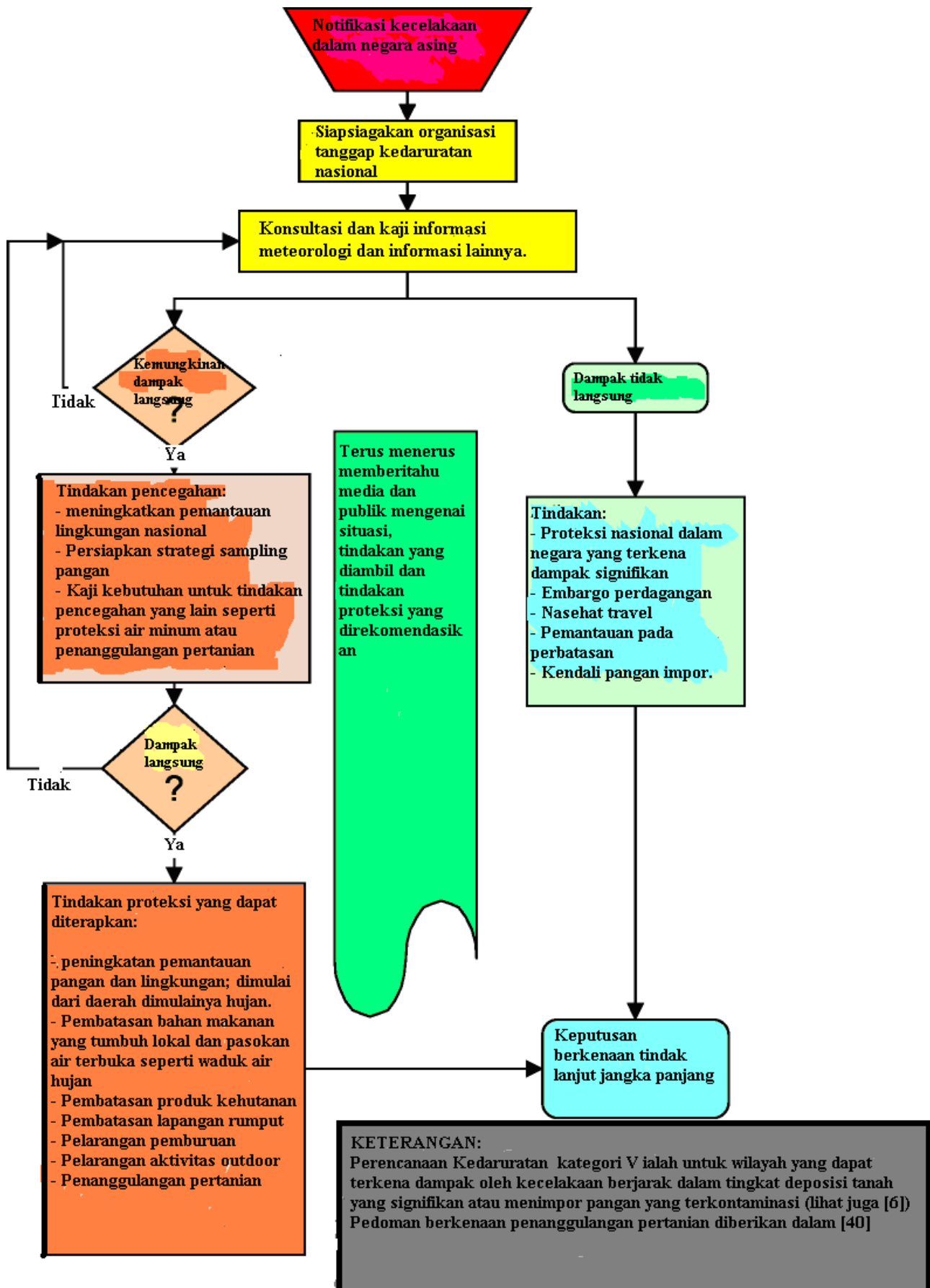
Bagaimanapun, tergantung pada jarak dari tapak kecelakaan, biasanya ada waktu, diukur dalam jam ke hari, untuk memulai tindakan proteksi yang sesuai. Jika plume (keluk) diperkirakan memberi dampak, peningkatan pemantauan radiologikal nasional terhadap udara dan tanah dan sampling pangan skala besar bisa diperlukan. Tindakan pencegahan seperti proteksi pasokan air minum dari sistem hujan dapat membantu membatasi konsekuensi dan pemastian kembali publik. Pelarangan beberapa bahan pangan, termasuk *game* dan *wild produce* bisa diperlukan. Untuk menghadapi ancaman tidak langsung, kendali radiologi pada perbatasan mungkin diperlukan. Dalam semua kasus, menyediakan informasi yang akurat dan cepat pada penduduk berkenaan resiko yang riil merupakan komponen esensi dari manajemen krisis.

Langkah dasar tanggap manajer kedaruratan dalam langkah langkah seperti itu adalah sebagai berikut :

- i. Beritahu organisasi pemerintahan nasional yang relevan, termasuk minimum Kementrian Luar Negeri, Kesehatan, Lingkungan, Pertanian, Pangan, Perdagangan, Turisme dan Otoritas Pengawas Nuklir.
- ii. Siapsiagakan petugas yang cocok (termasuk pengkaji radiologi) atau komite sesuai dengan struktur organisasi tanggap nasional.
- iii. Pastikan bawah organisasi yang relevan akan menyediakan data meteorologi yang berkesinambungan (perhatian khusus untuk perubahan yang mungkin dalam arah angin, hujan)
- iv. Dapatkan informasi berkenaan negara yang terkena dampak dan mungkin terkena dampak.
- v. Kaji dampak radiologi yang mungkin dari kecelakaan (langsung dan tidak langsung) dinegara anda.
- vi. Konsultasikan organisasi nasional berkenaan kebutuhan untuk melakukan langkah pencegahan berdasarkan dampak yang mungkin, menggunakan gambar VI 1.
- vii. Kaji kembali dampak tidak langsung berdasarkan informasi dari negara terkena dampak atau sumber lain dan informasi meteorologi terbaru.
- viii. Dalam kasus dampak langsung implementasikan tindakan proteksi yang sesuai berdasarkan data radiologi aktual.

- ix. Beritahu terus organisasi pemerintahan tentang kemajuan situasi dan keputusan anda.
- x. Beritahu terus media dan publik pada tiap waktu tentang tindakan yang diambil dan langkah yang direkomendasikan.
- xi. Pastikan semua tindakan, keputusan dan/atau rekomendasi telah didaftar. Amankan semua rekaman, peta peta, papan status, dan lain lain.
- xii. Ketika tahap akut selesai, bangun rencana untuk tindak lanjut jangka panjang berkonsultasi dengan pengkaji radiologi dan organisasi nasional yang relevan.
- xiii. Mulai dan mengawasi pengkajian dosis untuk publik.
- xiv. Evaluasi tanggap dan bentuk pembelajaran. Jika diperlukan , perbaharui rencana tanggap. Siapkan laporan.





GAMBAR VI. Skema tanggap untuk negara dalam rencana darurat kategori V dalam kasus kecelakaan nuklir yang parah.

## TAMBAHAN VI JATUHNYA SATELIT BERTENAGA NUKLIR

Sumber tenaga nuklir yang digunakan diluar angkasa dapat mengalami beberapa tipe kecelakaan. Jatuh secara insidental, salah satunya, akan terahjadi sebagai hasil hilangnya kendali kendaraan ruang angkasa sehingga satelit mengalami jatuh yang prematur dan tidak direncanakan dan berdampak pada permukaan tanah. Jatuhnya satelit bertenaga nuklir ialah kecelakaan yang dapat diprediksi beberapa minggu atau bulan lebih dahulu, walaupun beberapa urutan kecelakaan dapat terjadi dalam beberapa jam. Walaupun lokasi dampak yang tepat tidak dapat ditentukan, luasnya permukaan bumi dimana dampak diperkirakan terjadi dapat ditentukan. Umumnya wilayah dampak mencakup 100.000 km<sup>2</sup>. Suatu satelit dapat menampung bahan radioaktif dalam bentuk reaktor nuklir atau generator panas. Resiko radiasi dari bahan ini akan bervariasi dari yang sangat kecil sampai besar. Tingkat radiasi permukaan sampai pada 5000 mSv/jam telah direkam dari puing puing satelit.

Sesuai dengan Konvensi pada Notifikasi awal Kecelakaan Nuklir [10] otoritas nasional yang kompeten akan diberitahu mengenai Satelit Nuklir yang akan jatuh oleh IAEA, setelah IAEA menerima notifikasi dari negara yang bertanggung jawab terhadap satelit itu. Akan ada pemberitahuan yang cukup telrbih dahulu untuk menyiapkan tanggap. Ketika pemberitahuan diterima, petugas tanggap kedaruratan nasional harus disiapsiagkan tentang kemungkinan dampak satelit.

Langkah dasar tanggap Manajer kedaruratan dalam kecelakaan seperti itu adalah sebagai berikut.

- i. Bentuk hubungan dan jalur komunikasi dengan otoritas dan organisasi yang sesuai
- ii. Kaji informasi mengenai jatuhnya satelit. Siapsiagakan pengkaji radiologi
- iii. Bersama dengan pengkaji radiologi tentukan nashet publik yang perlu diterbitkan.  
Pertimbangkan kemungkinan berikut ini :
  - siapsiagakan rumah sakit dan minta untuk diberitahu jika orang terkena gejala paparan radiasi atau kontaminasi tiba di rumah sakit;
  - siapsiagakan media untuk mengingatkan penduduk tentang puing puing satelit yang mungkin, bagaimana bisa dikenali, akan menimbulkan apa, apa yang harus dikerjakan jika ditemukan, dan siapa yang harus ditelepon untuk pertanyaa atau untuk melaporkan bawah puing puing itu telah ditemukan.
- iv. Sediakan minimal perintah berikut ni:
  - Tidak mendekati atau menyentuh puing puing satelit yang ada
  - Menjauh dari tapak dampak.
- v. Berdasarkan lokasi dampak yang diasumsi, bangun strategi pencarian. Pemantauan dengan pesawat, helikopter atau mobil dapat dipertimbangkan. Pencarian dengan jalan kaki akan selalu melengkapi survey.
- vi. Atur tim pencarian dan intrumentasi yang layak dan perlengkapan. Berikan mereka briefing secara menyeluruh dala aspek operasional tugas pencarian dan bahaya radiasi ayng mereka dapat ditemui.
- vii. Tim pencari harus menggunakan prosedur pemantauan dari Referensi [6].
- viii. Ketika menentukan lokasi puing puing satelit lakukan tindakan cepat untuk mengamankan puing puing – tindakan yang paling cepat ketika puing ditemukan ialah memastikan anggota publik didekitarnya diproteksi secara memadai.
  - Informasikan publik bahwa puing telah ditemukan;
  - Pastikan bahwa semua orang yang terpapar diidentifikasi dan, jika perlu berdasarkan nasehat dari pengkaji radiologi, lapor ke rumah sakit;
  - Sediakan bantuan radiologi ke rumah sakit, jika didiperlukan
  - Mulai dekontaminasi orang dan pastikan tindak lanjut medis disediakan

- ix. Berkonsultasi dengan pengkaji radiologi atau profesional lain yang ada bangun rencana untuk operasi pembersihan (jika diperlukan). Bangun strategi untuk pengelolaan limbah (jika ada)
- x. Awasi operasi pembersihan dan pengelolaan limbah
- xi. Mulai dan awasi pengkajian dosis untuk tim pencari dan anggota publik (jika ada). Pastikan bahwa semua tindakan, keputusan dan/atau rekomendasi telah didaftar. Amankan semua rekaman, peta peta, papan status dan lain lain.
- xii. Evaluasi tanggap dan bentuk pembelajaran. Jika diperlukan, perbaharui rencana. Siapkan laporan akhir.

Informasi tambahan yang berguna dapat ditemukan dalam Referensi [11].

## TAMBAHAN VII KOMUNIKASI DENGAN MEDIA DAN PUBLIK

### KENAPA

Komunikasi dengan media dan publik ialah bagian penting rencana tanggap darurat.

Pengalaman telah memperlihatkan bahwa kegagalan mempunyai penataan yang memadai dan komitmen sumber daya pada waktu kedaruratan, dan dapat menghalangi kendali kedaruratan, implementasi metode restorasi yang lebih panjang dan kredibilitas otoritas. Sasaran kunci adalah:

- (i). Untuk membuat publik sadar akan situasi; apa yang telah terjadi; konsekuensi pada mereka dan tindakan yang direncanakan.
- (ii) untuk mencegah rumor dan informasi yang berkonflik; tanpa adanya informasi otoritas yang koheren, rumor akan mengisi kevakuman dan *counteracting* yang akan membutuhkan upaya lebih berat daripada komunikasi efektif di saat pertama kali.
- (iii). Untuk mempertahankan kredibilitas otoritas dan organisasi lain yang terlibat kedaruratan
- (iv) untuk mengkonstrasikan orang-orang yang secara operasional menangani kedaruratan berfokus pada fungsi ini.
- (v.) Untuk mengurangi dampak psikologi

### KAPAN dan BENTUK APA

Jika anda meninggalkan semuanya sampai kecelakaan benar-benar terjadi, anda tidak akan dapat menyediakan komunikasi efektif, tanggap akan lebih menjadi reaktif daripada proaktif dan positif; dan sebagai konsekuensinya kredibilitas akan rapuh.

- a. Leaflet informasi umum harus dipersiapkan sebagai bagian kesiapsiagaan; ini harus mencakup unit dan terminologi umum yang digunakan, penetapan kedaruratan dan menempatkan resiko dalam perspektif.
- b. Informasi latarbelakang berkenaan penggunaan radiasi dan rencana kedaruratan harus dihasilkan sebagai bahan briefing media, ini dapat digunakan dalam beberapa jam pertama ketika fakta berkenaan kecelakaan bisa terbatas.

Dalam mempersiapkan hal ini dan komunikasi lain, target penontion harus jelas. Untuk kecelakaan skala kecil, ini bisa ditasai pada satuan kerja dan kemungkinan keluarga mereka, sementara untuk kecelakaan berskala besar, maka akan menjadi sebuah publik umum, walaupun akan ada kelompok secara khusus yang terkendala dampak dan perlu ditangani secara terpisah.

Komunikasi jelasnya akan perlu dipertahankan melalui kedaruratan dan bisa diperlukan untuk beberapa waktu setelahnya: terutama dalam tahanan restorasi setelah kecelakaan dengan konsekuensi yang melebar. Juga akan dibutuhkan untuk berkomunikasi tentang apa yang sedang dikerjakan untuk mencegah terjadi kembali insiden ini.

Untuk kecelakaan skala besar, ini diperlukan untuk menghasilkan leaflet dan dokumen lain yang ditujukan ke publik dan khususnya berkenaan situasi dan konsekuensi kecelakaan.

Media mempunyai tengat waktu produksi yang harus dipenuhi untuk koran, radio, dan televisi:

- i. Sadar akan hal ini dan coba untuk menyesuaikan briefing Media untuk memenuhi keperluan ini.
- ii. Selalu dapat diprediksi dan handal ketika informasi akan disediakan.

Untuk kecelakaan skala besar , publik akan mendapatkan banyak informasi dari media, bagaimanapun ada kemungkinan, sejumlah orang yang signifikan yang ingin informasi sesuai dengan keadaan mereka dan bisa membutuhkan penjaminan. Pengalaman dari kecelakaan sebelumnya seperti di Goiania, Brazil (1987) [29], indikasi bawah sumberdaya signifikan perlu harus diikat untuk memenuhi keperluan ini, dan perlu mencakup:

- i. "hot lines"/jalur khusus untuk orang-orang melalui telepon
- ii. Pertemuan dengan orang yang berkepentingan
- iii. Dengan peningkatan akses terhadap internet, menempatkan bahan-bahan pada Web site dapat membantu.

## BAGAIMANA

Dimana komunikasi yang mungkin dengan media dan pada pertemuan publik harus melalui jurubicara yang diotorisasi oleh organisasi yang bersangkutan. Untuk kecelakaan kecil ini terbatas pada jurubicara untuk tempat dimana kecelakaan terjadi. Sebagaimana skala kecelakaan meningkat organisasi lain dan agen pemerintah menjadi terlibat. Ini merupakan hasil esensial untuk berkomunikasi pada media dan publik adalah menjadi koheren dan konsisten dan tidak memberikan fakta atau informasi yang berkonflik. Untuk mencapai ini, berbagai organisasi perlu bekerja sama: mekanisme untuk hal ini harus menjadi bagian penetapan kesiapsiagaan darurat. Cara dimana komunikasi disampaikan pada wawancara dan pertemuan publik ialah sangat krusial pada kepercayaan yang diterima orang-orang dalam pesan yang diberikan. Beberapa hal kunci mengenai hal ini diberikan dibawah.

### PRINSIP FUNDAMENTAL KOMUNIKASI

Organisasi yang berkomunikasi baik akan lebih efektif untuk jangka panjang daripada organisasi yang tetap diam dan mengaburkan informasi.

Orang-orang mencari kedalaman keterangan, bukan lebar.

Komunikasi ialah pekerjaan untuk **ahli komunikasi yang terlatih** yang bekerja dalam konsultasi langsung dengan profesi teknis nuklir. Fungsi komunikasi harus terdapat pada **tingkat eksekutif** dalam organisasi untuk memfasilitasi penukaran informasi dan koordinasi.

**Komunikasi harus berkesinambungan dan dapat diprediksi.** Ini tidak mungkin membentuk kepercayaan dengan diam atau berkomunikasi hanya ketika terjadi masalah

**Fondasi kepercayaan ialah keterbukaan,** bahkan ketika informasi ialah hal yang memalukan. Otoritas pengawas harus membangun dan memproteksi kredibilitasnya seperti memproteksi kesehatan masyarakat dan keselamatan.

**Gunakan terminologi yang sederhana dan mudah dimengerti** dan hindari "istilah sendiri"

Bangun **metode evaluasi** kedalam program dan **anggaran tahunan** dan gunakan kebutuhan penonton akan informasi untuk membina program.

## SEPULUH ATURAN KOMUNIKASI SELAMA WAWANCARA

### **Jadilah diri anda sendiri**

Hindari bahasa yang berpura pura dan khayalan. Ini tidak akan mengesankan siapapun. Nyatakan, ini akan membingungkan orang dan menjauhkan anda dari penonton

### **Nyaman dan Percaya diri**

Santai dan ingat bahwa anda lebih mengetahui subjek anda daripada penonton. Tetap tenang apapun yang terjadi.

### **Jujur**

Jika anda tidak mengetahui jawaban ke sebuah pertanyaan, akuilah. Kredibilitas anda ialah krusial. Jangan menghancurkannya. Jika anda berita buruk , katakanlah. Tetapi beritahu apa yang telah dikerjakan untuk menangani situasi.

### **Singkat.**

Singkat dan mudah , katakan pendapat anda dalam 30 detik. Anda akan kelihatan lebih baik, bila anda langsung ke pokok masalah, dan menghindari bahasa teknis.

### **Manusiawi**

Jangan takut menggunakan humor pada saat yang tepat. Ini akan meningkatkan kesan yang percaya diri dan persahabatan

### **Berkepribadian**

Cerita dan anekdot pribadi akan menterjemahkan ide atau konsep. Penonton akan mengingat hal hal utama dikarena pemahaman pribadi anda.

### **Siapsiaga, Positif dan konsisten**

Selalu ingat sasaran anda dan terus terikat, Kendali dan fokuskan bahan bahan anda. Putuskan 3 hal (maksimum) yang anda ingin utarakan dalam wawancara dan fokus pada tiga poin tersebut apapun pertanyaannya. Jangan sia sia kan waktu dengan latar belakang imiah, dan lain lain.

### **Perhatian**

Konsentrasi – jangan perhatikan selingan selingan. Dengar hati hati pada pertanyaan yang diajukan. Katakan yang anda maksud dan Maksudkan yang anda katakan.

### **Lincah**

Gunakan gerak-isyarat, ekspresi muka dan bahasa tubuh untuk menambah vitalitas pada perkataan anda. Pertahankan suara percakapan tetapi bayangkan hal ini juga mempunyai "muka" yang dapat menampilkan emosi dan ekspresi.

### **Berkomitmen dan Tulus**

Bicara dengan menyakinkan. Jangan takut untuk berhenti sejenak. Setiap waktu anda membuka mulu anda, perlihatkan dan suarakan seperti anda sangat peduli.

## **Tambahan VIII**

### **BAGAIMANA MENYIAPKAN LAPORAN KECELAKAAN**

Laporan resmi harus dipersiapkan untuk semua kedaruratan radiologi, Laporan ini menolong untuk dokumentasi informasi kecelakaan yang penting termasuk deskripsi umum, lokasi, tanggal, orang-orang yang terlibat, estimasi paparan/kontaminasi, tindakan medis, aspek lingkungan, dan aspek awal untuk mitigasi kecelakaan. Laporan ini dapat berfungsi sebagai dasar untuk investigasi kecelakaan untuk menentukan penyebab dan konsekuensi, begitu juga untuk, menyediakan informasi yang berguna untuk membantu pencegahan kecelakaan yang akan datang. Laporan juga menyediakan informasi untuk membantu para ahli negara tuan rumah dengan mitigasi kecelakaan. Minimum setiap laporan harus mengandung sebagai berikut:

#### **RINGKASAN**

*Deskripsi singkat kecelakaan, penyebab dan konsekuensinya, tindakan tanggap, pembelajaran; kesimpulan utama dan rekomendasi (jika ada)*

#### **DESKRIPSI KECELAKAAN**

- Kejadian yang memicu/memulai
- Lokasi kecelakaan

*Gunakan gambaran sebanyak yang diperlukan: negara, republik, wilayah, distrik administrasi, kota, fasilitas, laboratorium, dan lain lain.*

- Waktu dan tanggal kecelakaan
- Kontak tempat kecelakaan

*Nama, nomor telepon, fax, e-mail*

- Lingkungan kecelakaan

*Fasilitas iradiasi, produksi isotop, radiografi industri, penelitian, diagnosa/terapi medis, pengangkutan, tempat publik, militer, non militer, Penelitian Nuklir, lainnya (sebutkan)*

- Alat radiasi atau sumber radiasi

*Critical assemblies, reaktor, atau chemical assemblies; indikasikan aktivitas yang diketahui atau diestimasi, transuranic spesifik, tritium, produk fisi, radionuklida contoh . Co-60, Cs – 137, Ir – 192; sumber disegel, alat X-ray, akselerator, generator radrt dan lain lain*

- Tipe radiasi

*Gamma, beta, neutron gamma, X ray, alfa*

#### **TANGGAP PADA KECELAKAAN**

*Tindakan awal pada saat penemuan, tindakan proteksi untuk pekerja kedaruratan, publik; tindakan penanggulangan*

#### **KONSEKUENSI MANUSIA**

- Sifat Paparan

*Paparan eksternal, kontaminasi eksternal, kontaminasi internal*

- Jumlah orang yang terlibat

*Jumlah orang yang terluka, terpapar, dan terkontaminasi*

- Bantuan Medis dan tindak lanjut medis (jika ada)

#### **KONSEKUENSI LINGKUNGAN**

- Tipe kontaminasi

*Kontaminasi udara, kontaminasi air, tanah, pangan, benda benda*

- Ringkasan survey radiologi dan pemantauan lingkungan

- Kriteria untuk tindakan

- Pembuangan Limbah

#### **PENGAJIAN DOSIS**

*Estimasi dosis untuk pekerja kedaruratan dan orang-orang yang terlibat*

#### **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

*Pembelajaran, aktivitas tindak lanjut, rekomendasi untuk pencegahan kecelakaan, peningkatan tanggap darurat.*

## REFERENSI

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency, Safety Series No.109, IAEA, Vienna (1994).
- [2] 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).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching, Safety Series No. 91, IAEA, Vienna (1989).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Assessment Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident, IAEA-TECDOC-955, Vienna (1997).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents, IAEA-TECDOC-953, Vienna (1997).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Procedures for Monitoring in a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1092, Vienna (1999).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1996 Edition), Safety Standards Series No. ST-1/ Requirements, IAEA, Vienna (1996).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1996 Edition), Safety Series No. 7, IAEA, Vienna (1996).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Planning and Preparing for Emergency Response to Transport Accidents involving Radioactive Material, IAEA Safety Guide No. ST-3, IAEA, Vienna (2000).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Convention on Early Notification of a Nuclear Accident and Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, Legal Series No.14, IAEA, Vienna (1987).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Planning and Preparedness for Re-entry of a Nuclear Powered Satellite, Safety Series No. 119, IAEA, Vienna (1996).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clearance Levels for Radionuclides in Solid Materials, Application for Exemption Principles, IAEA-TECDOC-855, Vienna (1996).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clearance of Materials Resulting from the Use of Radionuclides in Medicine, Industry and Research, IAEA-TECDOC-1000, Vienna (1998).
- [14] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and Soil, Federal Guidance Report No. 12, US EPA, EPA-402-R-93-081, Washington DC (1993).
- [15] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents, Rep. US EPA, EPA 400-R-92-001, Washington DC (1992).
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Derived Intervention Levels for Application in Controlling Radiation Doses to the Public in the event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency – Principles, Procedures and Data, Safety Series No. 81, IAEA, Vienna (1986).
- [17] SHLEIEN, B., Preparedness and Response in Radiation Accidents, Health and Human Service, Food and Drug Administration, Rep. FDA-824 (1983).



- [18] JACOB, P., MECKBACH, R., Shielding factors and external dose evaluation, radiation protection dosimetry, 21 1/3 (1987) 79-85.
- [19] DELACROIX, D., GUERRE, J.P., LEBLANC, P., HICKMAN, C., Radionuclide and radiation protection data handbook 1998, radiation protection dosimetry, 76, 1-2 (1998).
- [20] JENSEN, P.H., Atmospheric Dispersion and Environmental Consequences — Exposure from Radioactive Plume Pathways, Rep. Risø-M-2849(EN), Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, (1992).
- [21] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publication 71, Vol. 25 Nos 3-4 (1995).
- [22] ECKERMAN, K.F., WOLBARST, A.B., RICHARDSON, A.C.B., Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion, and Ingestion, Rep. EPA-520/1-88-020, Federal Guidance Report No. 11, Environmental Protection Agency, Washington DC (1988).
- [23] RAMSDELL, J.V., Atmospheric Diffusion for Control Room Habitability Assessments, Rep. NUREG/CR-5055 (PNL-5 1998), Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington DC (1988).
- [24] TURNER, D.B., Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, AP-26, US Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, Research Triangle Park, North Carolina (1970).
- [25] US DEPARTMENT OF ENERGY, Atmospheric Science and Power Production, (RANDERSON, D., ed.), DOE/TIC-27601 (DE84005 177), Oak Ridge, Tennessee (1984).
- [26] SHLEIEN, B., The Health Physics and Radiological Health Handbook, Revised Edition, Silver Spring, USA (1992).
- [27] McGUIRE, S.A., A Regulatory Analysis on Emergency Preparedness for Fuel Cycle and Other Radioactive Material Licensees (Final Report), NUREG-1 140, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC (1988).
- [28] SOFFER, L., et al, Accident Source Terms for Light Water Nuclear Power Plants, Rep. NUREG-1465, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC (1992).
- [29] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiânia, IAEA, Vienna (1988).
- [30] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, Vienna (1996).
- [31] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Medical Handling of Accidentally Exposed Individuals, Safety Series No. 88, IAEA, Vienna (1988).
- [32] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in San Salvador, IAEA, Vienna (1990).
- [33] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Soreq, IAEA, Vienna (1993).
- [34] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in San José, Costa Rica, IAEA, Vienna (1998).
- [35] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Irradiation Facilities, IAEA, Vienna (1996).
- [36] NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD, NAIR Handbook, 1995 Edition, Harwell (1995).
- [37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Schedules of Requirements for the Transport of Specified Types of Radioactive Material Consignments, Safety Series No. 80 (as amended 1990), IAEA, Vienna (1990).

- [38] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidelines for Agricultural Countermeasures Following an Accidental Release of Radionuclides, Technical Reports Series No. 363, IAEA, Vienna (1994).
- [39] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).
- [40] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, Report 39, Bethesda, MD (1985).

## ISTILAH

### A

#### alat bloking tiroid

Bahan yang digunakan untuk mencegah atau mengurangi tangkapan yodium radioaktif oleh tiroid. Biasanya potasium iodida (KI) stabil yang dimasukkan lewat mulut untuk tujuan ini.

#### anggota masyarakat

Dalam pengertian umum, beberapa individu di dalam populasi kecuali saat paparan bekerja atau paparan medis.

### B

#### badan pengawas

Otoritas atau otoritas yang ditunjuk atau dengan kata lain ditunjuk pemerintah untuk tujuan pengawasan dalam hubungan *proteksi* dan *keselamatan*, (Kadang-kadang istilah otoritas pengawas digunakan).

#### batas

Nilai dari kuantitas yang harus tidak dilampaui.

**batas dosis** : *batas dosis efektif tahunan* total individu (atau rata-rata *dosis efektif tahunan* yang melebihi nilai yang ditetapkan setahun) atau *dosis ekuivalen tahunan* jaringan atau organ dari *sumber* tertentu. BSS menentukan batas dosis untuk *pekerja* dan *anggota masyarakat*.

**batas yang ditentukan** : batas dalam kuantitas pengukuran, ditetapkan atau secara resmi diterima badan pengawas. Sama dengan batas yang sah, istilah ini telah lebih umum digunakan dalam keselamatan nuklir. Meskipun mungkin, batas yang sah harus digunakan.

### C

#### Dosis (dosis)

Pengukuran transfer energi dari radiasi ke suatu target. Biasanya digunakan tanpa kualifikasi ketika konteks membuat para penilai jelas, atau sebagaimana terminologi umum dimana penilai yang berbeda dapat digunakan secara valid dan sama. Lihat pada *dosis serap*, *dosis kolektif*, *dosis efektif*, *dosis ekuivalen*, dan *dosis organ*.

**dosis serap** : Transfer energi dari radiasi ke satuan massa dari materi yang terpapar, satuan J/kg, digunakan nama khusus gray (Gy)<sup>1</sup>. Secara matematis didefinisikan sebagai :

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm}$$

---

<sup>1</sup> rad, sama dengan 0.01 gray, satuan dari dosis serap

yaitu menunjukkan energi yang diberikan kepada materi dalam suatu volume unsur dibagi dengan massa volume unsur. Oleh karena itu terminologi ini didefinisikan pada point di atas; untuk rata-rata dalam suatu jaringan atau organ, lihat pada *dosis organ*. Lihat Publikasi ICRP 60 [40].

***dosis tahunan*** : Dosis yang diterima dari paparan eksternal dalam satu tahun ditambah *dosis terikat* dari masuknya radionuklida dalam setahun. Karena itu, secara umum, bukan *dosis* yang secara nyata diterima tiap tahun.

***dosis yang dapat dihindari*** : Suatu perkiraan akan datang dari *dosis* yang dihindari yang dihasilkan jika suatu *penahan* khusus atau gabungan *penahan* digunakan.

***dosis yang dihindari*** : Suatu perkiraan masa lalu dari *dosis* yang dicegah oleh *penahan* atau gabungan alat *penahan* digunakan, yaitu perbedaan antara *dosis* yang diperhitungkan jika *penahan* tidak digunakan dan *dosis* sebenarnya.

***dosis kolektif*** : Dosis total suatu populasi yang ditetapkan. Kecuali disebutkan, waktu akhir *dosis* yang diintegrasikan tak terhingga; jika batas tertinggi tak terhingga digunakan untuk integrasi waktu, *dosis kolektif* digambarkan sebagai 'potongan' waktu. Dosis normalnya merupakan *dosis efektif*, dengan satuan man sievert (man-Sv).

***dosis terikat*** : *dosis* yang dihasilkan dari masuknya zat radioaktif, <sup>2</sup>terintegrasi lebih dari 50 tahun setelah masuk, (atau terintegrasi 70 tahun untuk masuk sebagai janin atau anak). Dosis kemungkinan *dosis serap*,

*dosis efektif*, *dosis ekivalen*, atau *dosis organ*, dengan satuan Gy atau Sv tepatnya.

***dosis efektif*** : Pengukuran *dosis* yang didesain untuk menggambarkan banyaknya *kerusakan radiasi* yang kemungkinan besar disebabkan dari *dosis*, diperhitungkan sebagai jumlah bobot (menggunakan *faktor bobot jaringan*  $W_T$ ) dari *dosis ekivalen*  $H_T$  dalam jaringan tubuh yang berbeda, yaitu :

$$\sum_T W_T H_T$$

Nilai *dosis efektif* dari berbagai macam radiasi dan mode *paparan* dapat dibandingkan secara langsung. Satuan J/kg, diberikan nama khusus sievert (**Sv**)<sup>3</sup>. Lihat Publikasi ICRP 60.

***dosis ekivalen*** : Suatu pengukuran *dosis* jaringan atau organ yang didesain untuk menggambarkan banyaknya kerusakan, diperhitungkan sebagai hasil *dosis serap* rata-rata di dalam jaringan atau organ dan *faktor bobot radiasi* yang tepat. Nilai dosis ekivalen untuk jaringan spesifik dari beberapa macam radiasi dapat dibandingkan secara langsung. Simbol  $H_T$ , satuan J/kg, diberikan nama khusus sievert (Sv). Lihat Publikasi ICRP 60 [39].

***dosis organ*** : *Dosis serap* rata-rata dalam suatu jaringan atau organ, yaitu energi total yang diberikan dalam suatu jaringan atau organ dibagi dengan massa jaringan atau organ.

***dosis yang diperkirakan*** : Dosis yang diperkirakan akan diterima jika *penahan* atau gabungan *penahan* –khususnya tanpa *penahan*- akan digunakan.

#### **dosis efektif**

Lihat pada *dosis*.

#### **dosis ekivalen**

Lihat pada *dosis*

#### **dosis organ**

Lihat pada *dosis*.

#### **dosis penghirupan**

---

*Dosis terikat* yang berasal dari penghirupan zat radioaktif dan deposisi selanjutnya dari radionuklida tersebut di dalam jaringan tubuh.

### **dosis yang diperkirakan**

Lihat *dosis*.

## **E**

### **efek deterministik (deterministic effect)**

Radiasi mengakibatkan efek kesehatan yang pasti terjadi –keparahan meningkat dengan meningkatnya *dosis*– di dalam seorang individu yang terpapar *dosis* radiasi yang melebihi dosis ambang. Tingkat *dosis* ambang merupakan sifat dari efek kesehatan yang khusus tetapi mungkin juga tergantung pada individu yang terpapar, pada suatu batasan yang luas. Contoh dari *efek deterministik* termasuk eritema dan penyakit radiasi. Lihat pada *efek stokastik*.

### **efek stokastik**

Efek kesehatan, kemungkinan terjadinya lebih besar pada *dosis* radiasi yang lebih tinggi dan besarnya (jika terjadi) merupakan *dosis* yang berdiri sendiri. Efek stokastik kemungkinan efek somatik atau efek turun-temurun, dan secara umum terjadi tanpa dosis ambang. Contohnya termasuk kanker dan leukimia. Lihat pada *efek deterministik*.

### **ekivalen dosis**

Pengukuran dosis suatu jaringan atau organ yang didesain untuk menggambarkan banyaknya kerusakan, diperhitungkan sebagai hasil *dosis serap* rata-rata di dalam jaringan atau organ dan faktor kualitas yang tepat. Diganti dengan dosis ekivalen (lihat pada *dosis*) sebagai kuantitas dasar yang dianjurkan oleh ICRP, dan dalam perhitungan *dosis efektif*. Akan tetapi, pengertian dari banyak kuantitas *dosis* masih mengacu pada terminologi ini.

***ekivalen dosis ambang*** : Suatu pengukuran langsung yang mewakili dosis efektif yang digunakan dalam monitoring lingkungan *paparan eksternal*.

### **ekivalen dosis efektif**

Lihat pada *ekivalen dosis*

### **evakuasi**

Perpindahan sementara orang-orang dari daerah kedaruratan untuk menghindari atau mengurangi paparan radiasi dalam jangka waktu pendek pada peristiwa *keedaruratan* dengan cepat.

## **F**

### **faktor bobot jaringan**

Banyaknya dosis ekivalen jaringan atau organ yang dikalikan untuk memperhitungkan sensitivitas berbeda yang mengakibatkan efek stokastik dari radiasi.

### **faktor bobot radiasi**

Banyaknya *dosis serap* pada jaringan atau organ yang telah dikalikan untuk menunjukkan *efektifitas biologi relatif* radiasi yang mengakibatkan *efek stokastik* pada *dosis* rendah, hasilnya adalah dosis ekivalen. Nilainya ditentukan oleh ICRP sebagai fungsi dari transfer energi linier yang tertutup. Lihat pada *faktor kualitas*.

### **faktor kualitas**

Banyaknya dosis serap pada jaringan atau organ yang telah dikalikan untuk menunjukkan *efektifitas biologi relatif* radiasi, hasilnya adalah *ekivalen dosis*. Diganti dengan *faktor bobot*

*radiasi* dalam pengertian dosis ekivalen ICRP, tetapi tetap diartikan, sebagai fungsi *transfer energi linier*, untuk penggunaan dalam perhitungan kuantitas *ekivalen dosis* yang digunakan dalam *monitoring*.

### **fungsi tanggap darurat**

Identifikasi tugas atau kumpulan tugas dengan sasaran umum yang mungkin diperlukan untuk mengeluarkan kejadian dari keadaan darurat.

## **G**

### **gray**

Nama satuan *dosis serap*; lihat juga pada *dosis*.

## **H**

### **hot spot**

Daerah yang dilokalisasi yang *laju dosis* atau *kontaminasi* sebagai akibat dari *deposisi* yang lebih tinggi daripada sekitarnya.

## **I**

### **intervensi**

Beberapa tindakan yang dimaksudkan untuk mengurangi atau mencegah *paparan* atau kemungkinan *paparan sumber* yang bukan merupakan praktek yang sah (atau suatu praktek bebas), atau yang diluar kontrol sebagai akibat dari suatu *kecelakaan*.

### **imersi**

Dikelilingi atau diliputi awan radioaktif.

### **isotop**

Nuklida suatu unsur khusus yang mempunyai jumlah proton yang sama tetapi mempunyai jumlah neutron yang berbeda.

*isotop penanda* : Isotop yang mengandung deposisi atau cuplikan yang dengan mudah diidentifikasi di lapangan atau di laboratorium. Ini digunakan untuk menentukan daerah yang menjadi perhatian sebelum melakukan analisis isotop yang komprehensif.

## **J**

### **jalur paparan**

Jalur radiasi atau zat radioaktif dapat mencapai atau mengirradiasi manusia.

### **jaminan mutu**

Perencanaan tindakan sistematis yang diperlukan untuk memberikan kepercayaan yang memadai tentang barang atau jasa yang dipersyaratkan untuk kualitas.

## **K**

### **kedaruratan**

Situasi yang disebabkan oleh alam atau manusia yang menyebabkan luka parah atau kerusakan pada manusia, properti, atau lingkungan, dan untuk itu diperlukan tindakan segera untuk melindungi manusia, properti, atau lingkungan.

**koefisien dosis (dose coefficient)**

*Dosis efektif terikat* dari masuknya *aktivitas* suatu radionuklida khusus dalam bentuk kimia yang khusus dengan cara yang khusus (biasanya melalui pencernaan atau penghirupan). Nilainya ada dalam BSS [2]. Tadinya diistilahkan dengan *dosis* per satuan masukan.

**kontaminasi yang tetap**

Lihat pada *kontaminasi*.

**kontaminasi yang tidak tetap**

Lihat *kontaminasi*.

**L****laju dosis**

Pengukuran kecepatan energi yang ditransfer dari radiasi ke target. Biasanya digunakan tanpa batas saat konteks membuat para penilai jelas, atau sebagaimana terminologi umum dimana penilai yang berbeda dapat digunakan secara valid dan sama, misalnya *laju dosis serap*, *laju dosis ekuivalen*.

**level**

***level tindakan*** : Tindakan tertentu yang diambil, pada umumnya nilai dari kuantitas yang dapat ditentukan. Umumnya digunakan untuk maksud tingkat *laju dosis* atau *konsentrasi aktivitas* di atas yang mana tindakan pemulihan tertentu atau tindakan perlindungan tertentu harus menghindari situasi *paparan kronis* atau *paparan darurat*.

***level tindakan umum*** : Level umum dari konsentrasi aktivitas di atas yang mana tindakan pemulihan tertentu atau tindakan perlindungan tertentu harus menghindari situasi paparan kronis atau paparan darurat.

***level intervensi*** : Level tertentu dari dosis yang dapat dicegah pada atau di atas yang mana tindakan perlindungan tertentu atau tindakan pemulihan tertentu diambil dalam situasi paparan darurat atau situasi paparan kronis.

***level intervensi umum*** : level umum dari dosis yang dapat dimana tindakan perlindungan tertentu atau tindakan pemulihan tertentu diambil dalam situasi paparan darurat atau situasi paparan kronis. Nilai tercantum dalam BSS [2].

***level intervensi operasional*** : Perhitungan nilai (misalnya *laju dosis ambang* atau *konsentrasi aktivitas*) diukur dengan alat-alat atau ditentukan dengan analisis laboratorium yang sesuai untuk intervensi atau tingkat tindakan.

**level intervensi**

Lihat *level*.

**level intervensi operasi (OIL)**

Lihat pada *level*.

**level intervensi umum**

Lihat pada *level*.

**limbah radioaktif**

Zat, apapun dalam bentuk fisik, sisa dari praktek atau intervensi dan tidak digunakan lebih lanjut yang diduga terdiri atau terkontaminasi dengan bahan radioaktif dan mempunyai aktivitas konsentrasi aktivitas yang melebihi level dari syarat pengawasan.

## M

### monitoring

Pengukuran radiologi atau parameter lainnya untuk berbagai alasan yang berhubungan dengan *pengkajian* atau pengawasan paparan, dan interpretasi

pengukuran tersebut. Juga digunakan dalam keselamatan nuklir untuk penentuan status dari sistem secara periodik maupun berkesinambungan.

**monitoring lingkungan** : *Monitoring* dimana parameter yang diukur berhubungan dengan karakteristik lingkungan memenuhi kemungkinan paparan di dalam lingkungan dapat diperkirakan.

**monitoring individu** : *Monitoring* dimana parameter yang diukur berhubungan dengan penerimaan paparan seseorang (umunya *pekerja*).

**monitoring sumber** : Pengukuran laju dosis eksternal yang berhubungan dengan *sumber* atau *aktivitas* zat radioaktif yang lepas ke lingkungan.

### monitoring individu

Lihat pada *monitoring*

### monitoring lingkungan

Lihat pada *monitoring*

## O

### off-site

Daerah di luar *batas area kejadian*.

### on-site

Daerah di dalam *batas area kejadian*.

## P

### paparan

Tindakan atau kondisi yang menjadi pokok radiasi.

**paparan akut** : Waktu bagi terjadinya *paparan* dalam periode waktu yang singkat.

**paparan darurat** : *Paparan* yang diterima selama keadaan darurat. Ini mungkin termasuk *paparan* tak direncanakan yang secara langsung dari paparan darurat dan *paparan* terencana kepada orang yang mengambil alih tindakan mitigasi kedaruratan.

**paparan eksternal** : *Paparan* yang berasal dari *sumber* di luar tubuh.

**paparan internal** : *Paparan* yang berasal dari *sumber* di dalam tubuh.

**paparan bekerja** : Semua paparan pekerja yang ada di dalam bagian pekerjaannya, tidak termasuk paparan lainnya dan paparan dari praktek bebas dan sumber bebas.

**paparan potensial** : paparan yang tidak pasti terjadi tetapi kemungkinan berasal dari kejadian atau rangkaian kejadian alami, termasuk kecelakaan dan kejadian yang mempengaruhi penyimpanan limbah yang terintegrasi.

**paparan masyarakat** : paparan yang dialami anggota masyarakat yang berasal dari sumber radiasi, tidak termasuk paparan bekerja dan paparan medis dan radiasi alam tetapi termasuk paparan dari sumber dan praktek yang sah dan dari keadaan intervensi.

### paparan alam



Lihat pada *paparan*.

**paparan bekerja**

Lihat pada *paparan*.

**paparan eksternal**

Lihat *paparan*.

**paparan internal**

Lihat pada *paparan*

**paparan kedaruratan**

Lihat pada *paparan*.

**pedoman pekerja kedaruratan**

Total *dosis pekerja radiasi* harus diusahakan tidak berlebih saat melakukan tugas kedaruratan.

**pedoman turn-back**

Gabungan dosis yang terbaca pada dosimeter mengindikasikan bahwa pedoman dosis pekerja kedaruratan telah melampaui dan bahwa pekerja radiasi harus meninggalkan daerah dimana dosis lebih lanjut adalah kemungkinan signifikan.

**pekerja kedaruratan**

Orang yang melakukan tugas kedaruratan.

**peluruhan radioaktif**

Transformasi isotop yang tidak stabil menjadi bentuk yang lebih stabil, diiringi dengan pemancaran partikel dan/atau sinar gamma.

**pembuangan (disposal)**

Lihat pada *pembuangan limbah*.

**pembuangan limbah**

Penempatan limbah radioaktif dalam fasilitas yang tepat tanpa maksud memanfaatkan kembali.

**penanggap pertama**

Penanggap pertama adalah anggota pertama yang kompeten dari suatu organisasi tanggap untuk menanggapi tempat kecelakaan, tumpahan atau kebakaran yang melibatkan sumber radiasi. Mereka termasuk polisi, pemadam kebakaran, tim medis atau tim penanggap on-site.

**penyelundupan**

Penerimaan, hak milik, penggunaan, pengangkutan atau pembuangan zat radioaktif yang tidak sah, baik disengaja maupun tidak disengaja dan dengan maupun tanpa melewati batas internasional.

**penyinaran dari tanah**

Radiasi gamma dari zat radioaktif yang terdeposit di tanah.

**perbatasan area**

Lihat pada *perbatasan*.

**plume (atmospheric)**

"Awan" udara dari zat yang lepas ke lingkungan, yang kemungkinan berisi zat radioaktif dan dapat atau tidak dapat terlihat.

**prosedur kedaruratan**

Kumpulan dokumen yang memaparkan tindakan detail yang diambil oleh personel tanggap selama kedaruratan.

**proteksi**

Proteksi radiasi atau proteksi radiologi : Digunakan dalam dua jalan berbeda yang mudah. Untuk penggunaan lebih umum –proteksi melawan bahaya radiologi– lihat *proteksi* dan *keselamatan*. Istilah proteksi radiasi juga sering digunakan dalam konteks operasi *instalasi nuklir* yang berkenaan dengan rincian tindakan pengawasan *paparan bekerja*, sebagai tindakan pencegahan dan mitigasi yang nyata dari *kecelakaan*, pengawasan pelaksanaan atau pengelolaan limbah.

**proteksi radiasi; proteksi radiologi**

Lihat pada *proteksi*.

**proteksi dan keselamatan**

Tindakan manusia melawan paparan radiasi ionisasi atau zat radioaktif dan keselamatan sumber radiasi, meliputi cara untuk mencapainya, dan cara untuk mencegah kecelakaan dan untuk mitigasi akibat-akibat kecelakaan harus terpikirkan.

**R****radioiodine**

Satu atau lebih isotop radioaktif dalam yodium.

**radionuklida**

Nukleus (atom) yang mempunyai sifat disintegrasi spontan (radioaktivitas). Nukleus adalah yang membedakan antara nomor massa dan nomor atom.

**relokasi**

Perpindahan *anggota masyarakat* dari rumah mereka untuk jangka waktu yang panjang, sebagai *tindakan proteksi* dalam situasi *paparan kronis*.

**rencana kedaruratan**

Suatu dokumen yang memaparkan tentang struktur, tugas, dan tanggung jawab organisasi, konsep operasi, cara dan prinsip intervensi selama kedaruratan.

## S

### sheltering

Tindakan proteksi dengan jalan anggota masyarakat dianjurkan untuk tinggal di dalam ruangan yang jendela dan pintunya ditutup, dimaksudkan untuk mengurangi paparan mereka dalam situasi paparan darurat.

### sievert

Nama untuk satuan dosis ekuivalen. Lihat pada dosis.

### sumber

Apapun yang dapat menyebabkan paparan radioaktif –seperti oleh pemancaran radiasi ionisasi atau pelepasan bahan atau zat radioaktif– dan dapat diperlakukan sebagai entiti tunggal untuk tujuan proteksi dan keselamatan. Sebagai contoh, zat yang terpancar radon merupakan sumber di lingkungan, sterilisasi unit irradiasi gamma merupakan sumber untuk pemanfaatan radiasi gamma dalam pengawetan makanan, unit sinar-X kemungkinan sebagai sumber untuk pemanfaatan radiodiagnostik; pembangkit listrik tenaga nuklir adalah bagian dari pemanfaatan pembangkit listrik dengan pembelahan nuklir, dan kemungkinan dianggap sebagai sumber (misalnya dengan mematuhi pelepasan ke lingkungan) atau sebagai kumpulan sumber (misalnya tujuan proteksi radiasi dalam pekerjaan). Dalam pemanfaatan umum, istilah sumber (khususnya sumber tertutup) cenderung mengandung konotasi sumber radiasi dengan kehebatan yang lumayan kecil, seperti sebagian besar digunakan untuk penerapan medis atau dalam peralatan industri.

**sumber alam** : Sumber radiasi yang terjadi secara alami, misalnya bulan dan bintang (sumber radiasi kosmis) dan batuan serta tanah (sumber terestial radiasi).

**sumber tertutup** : Sumber radioaktif yang secara permanen tertutup dalam kapsul, atau (b) tertutup dan dalam bentuk padat. Istilah zat radioaktif dalam bentuk tertentu, digunakan dalam konteks pengangkutan zat radioaktif, mempunyai banyak arti yang sama.

**sumber terbuka** : sumber yang tidak didefinisikan sebagai sumber tertutup.

### sumber tertutup

Lihat pada sumber.

### survei

**survei radiologi** : suatu penilaian kondisi radiologi dan bahaya potensial yang berhubungan dengan produksi, penggunaan, transfer, pelepasan, pembuangan, atau adanya zat radioaktif atau sumber radiasi lainnya.

## T

### tindakan pemulihan

Tindakan yang diambil untuk mengurangi paparan yang kemungkinan diterima, dalam situasi intervensi yang melibatkan paparan kronis. Tindakan yang diterapkan untuk orang-orang di berbagai macam situasi biasanya dianggap sebagai tindakan proteksi daripada tindakan pemulihan. Lihat pada tindakan proteksi.

### tindakan proteksi

Intervensi yang dimaksudkan untuk menghindari atau mengurangi dosis pada anggota masyarakat dalam situasi paparan kronis atau paparan darurat. Lihat pada tindakan pemulihan. Juga digunakan dalam keselamatan nuklir, untuk tindakan sistem proteksi yang memerintahkan penggunaan peralatan pengaktifan keselamatan tertentu.

## **triage**

Penggunaan metode secara cepat prosedur sederhana untuk menyortir orang dalam kelompok-kelompok berdasarkan luka-lukanya dan/atau penyakit untuk tujuan kecepatan perawatan klinis dan memaksimalkan penggunaan jasa dan fasilitas klinis yang tersedia.

## **W**

### **waktu paro**

waktu yang diperlukan agar *aktivitas* radionuklida menjadi setengah sebagai akibat peluruhan radioaktif. Digunakan juga untuk mengidentifikasi waktu yang diperlukan agar zat (misalnya suatu radionuklida) di dalam tempat tertentu menjadi setengah sebagai akibat dari proses khusus atau proses yang mengikuti pola eksponensial peluruhan radioaktif.

**waktu paro biologi** : Waktu yang diperlukan agar jumlah zat di dalam jaringan khusus, organ, atau bagian tubuh lain (atau biota khusus lainnya) menjadi setengah sebagai akibat dari proses biologi.

**waktu paro efektif** : waktu yang diperlukan agar *aktivitas* radionuklida dalam suatu tempat yang khusus menjadi setengah sebagai akibat dari semua proses yang bersangkutan.

### **waktu paro radioaktif**

Lihat pada *waktu paro*.

## **Y**

### **yodium prophylaxis**

Masuknya senyawa yodium stabil (biasanya potasium yodida) untuk mencegah atau mengurangi tangkapan yodium radioaktif oleh tiroid dalam kejadian kecelakaan yang melibatkan yodium radioaktif. Istilah *bloking tiroid* digunakan dalam literatur sebagai sinonimnya.

### **yodium stabil**

Yodium yang terdiri dari isotop yodium non radioaktif saja. Lihat pada *alat bloking tiroid*.

## SIMBOL

Simbol	Satuan	Deskripsi
A	Bq kBq MBq	aktivitas; aktivitas sumber, aktivitas radionuklida; subscripts i menentukan radionuklida; $A_t$ adalah aktivitas pada waktu t, $A_o$ adalah aktivitas pada wktu $t_o$
$A_l$	Bq/m	konsentrasi aktivitas jenis
AMN		nomor massa atom; nomor yang menunjukkan radionuklida
$A_s$	Bq/m <sup>2</sup>	konsentrasi aktivitas permukaan
$A_{sp}$	kBq/g	aktivitas spesifik
$C_{j,i}$	Bq/m <sup>3</sup> Bq/L Bq/kg Bq/m <sup>2</sup>	Konsentrasi aktivitas; konsentrasi radionuklida di udara, cuplikan atau di permukaan; subcript pertama menunjukkan : a-udara, s-permukaan (atau kulit), f-makanan; subcript kedua menunjukkan radionuklida; bar di atas C berarti konsentrasi rata-rata atau perkiraan terbaik; untuk konsentrasi aktivitas permukaan $A_s$ digunakan kadang-kadang
$CF_{1,i}$	(mSv/h)(kBq/m <sup>3</sup> )	faktor konversi tiroid untuk radionuklida i; dosis ekuivalen terikat tiroid setelah satu jam inhalasi udara yang terkontaminasi; dianggap laju pernafasan 1.2 m <sup>3</sup> /jam
$CF_{2,i}$	(mSv/h)(kBq/m <sup>3</sup> )	faktor konversi untuk radionuklida i; dosis efektif terikat setelah satu jam inhalasi udara yang terkontaminasi; dianggap laju pernafasan 1.2 m <sup>3</sup> /jam
$CF_{3,i}$	(mSv/h)(kBq/m <sup>3</sup> )	faktor konversi; laju dosis ambang 1m di atas tanah per satuan endapan radionuklida i
$CF_{4,i}$	(mSv/h)(kBq/m <sup>3</sup> )	faktor konversi; dosis efektif per satuan endapan nuklida i; termasuk dosis eksternal dan dosis efektif terikat setelah inhalasi yang dikarenakan resuspensi hasil dari sisa-sisa tanah yang terkontaminasi untuk jangka waktu yang menjadi perhatian
$CF_{5,i}$	mSv/kBq	faktor konversi dosis ingesti; dosis efektif terikat

Simbol	Satuan	Deskripsi
		dari ingesti per satuan masukan radionuklida $i$

Simbol	Satuan	Deskripsi
$H_s$	Sv	dosis ekivalen (beta) pada kulit; subscript $i$
$H_{s,j}$	mSv	menunjukkan radionuklida
$H_{thy}$		dosis ekivalen terikat pada tiroid
OF	-	fraksi tindakan; fraksi waktu faktor penahan SF dapat diterapkan misalnya fraksi waktu yang dihabiskan di luar ruangan; dianggap waktu mati, tidak ada penahan; kegagalan-0.6
$Q_i$	kBq/s	laju lepasan radionuklida $i$
SF	-	faktor penahan untuk endapan permukaan
$SF_\beta$	-	faktor penahan $\beta$ untuk mengambil sejumlah penahan dihasilkan oleh pakaian dll
$t$	$\frac{s}{h}$	waktu
$T_{1/2}$	h, hari, tahun	waktu paro radionuklida
$T_e$	h	lamanya paparan
$T_m$	h, hari, tahun	waktu pertengahan radionuklida : $T_m = T_{1/2} \cdot 1.44$
$T_r$	s	lamanya paparan
$\bar{u}$	m/s	rata-rata kecepatan angin
$U_f$	$\frac{kg}{d}$ $\frac{L}{d}$	banyaknya makanan $f$ yang dikonsumsi oleh orang yang berkepentingan per hari
$W$	$\frac{g}{kg}$	berat
$X$	m cm	Jarak; subscript jarak tertentu; kadang-kadang huruf r, d, atau a juga digunakan untuk jarak

$\Delta t$

$\frac{s}{h}$

perbedaan waktu

---