

## Kajian Penanggulangan Kecelakaan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif untuk Panduan Penyusunan Skenario Pelatihan

Rini Rindayani

Pusdiklat - Badan Tenaga Nuklir Nasional

### Abstrak

Jika terjadi kecelakaan dalam pengangkutan yang menghasilkan pelepasan zat radioaktif yang cukup berarti, hilangnya fungsi penahan radiasi atau pengendalian kritikalitas, maka dampaknya harus dapat dikendalikan dan diminimalisir dengan tindakan penanggulangan kedaruratan yang tepat. Oleh karena itu kemampuan melakukan tindakan kedaruratan yang memadai sangat diperlukan. Tulisan ini membahas mengenai potensi bahaya akibat kecelakaan, tanggungjawab personil penanggulangan kecelakaan, dan tindakan penanggulangan kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif, serta bagaimana hal tersebut sebaiknya dapat dituangkan dalam silabus pelatihan praktik penanggulangan kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif.

### Abstract

*When a transport accident occurs resulting a significant release of radioactive material, loss of shielding or loss of criticality control, the consequences should be controlled or mitigated by proper emergency response actions. Therefore an adequate emergency response capability is needed. This paper reviews potential consequences of transport accident involving radioactive materials, responsibilities of response personnels, and the response actions; to be used as guidance in developing scenario for training in emergency response of accident in the transport of radioactive materials.*

### Pendahuluan

Dewasa ini, zat radioaktif digunakan secara intensif dalam bidang kesehatan, industri, pertanian, penelitian, produk konsumen dan juga pembangkit tenaga listrik. Karena umumnya pusat produksi bahan radioaktif

tersebut terletak jauh dari tempat pemanfaatannya, maka setiap tahun frekuensi pengangkutan bungkusan yang mengandung zat radioaktif dalam berbagai ukuran cukup besar jumlahnya.

Mengingat zat radioaktif memiliki potensi bahaya maka dikembangkan

peraturan pengangkutan yang berskala nasional dan/atau internasional untuk keselamatan manusia, barang dan lingkungan. Peraturan tersebut dipergunakan oleh instansi yang berwenang di masing-masing negara untuk mengawasi pengangkutan zat radioaktif. Peraturan ini untuk menjamin pengungkung, penahan radiasi dan pencegahan terhadap kritikalitas sudah memadai sehingga dapat mengurangi dampak radiasi bila terjadi kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif.

Karena selalu terdapat kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif tersebut, maka materi mengenai penanggulangan kecelakaan ini diajarkan di dalam pelatihan mengenai keselamatan radiasi. Untuk itu, perlu dikaji faktor yang harus diperhatikan dalam penyusunan silabus atau skenario penanggulangan kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif itu dalam rangka peningkatan kualitas pelatihan. Makalah ini akan membahas berbagai potensi bahaya yang dapat timbul akibat kecelakaan tersebut, tanggung jawab personil dan tahapan penanggulangannya. Selanjutnya, berdasarkan hal tersebut dibuat suatu panduan umum penyusunan silabus praktik pelatihan penanggulangan kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif.

## Potensi Babaya Akibat Kecelakaan Dalam Pengangkutan Zat Radioaktif

Sifat, karakteristik dan akibat dari kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif tergantung pada beberapa faktor seperti: jenis bungkusan, bentuk fisik dan kimia dari zat radioaktif, radiotoksitas dan jumlah zat radioaktif yang terkandung dalam bungkusan, tata cara pengangkutan, serta tingkat keparahan kecelakaan (sebagai akibat dari berkurangnya keutuhan bungkusan). Selain itu, hal yang juga dapat mempengaruhi adalah terdapat barang berbahaya lain yang terkandung dalam bungkusan, lokasi kecelakaan dan kondisi cuaca.

### Potensi babaya karena kegagalan bungkusan

Bila pengangkutan bungkusan zat radioaktif dilakukan sesuai dengan peraturan pengangkutan yang berlaku maka kemungkinan adanya risiko terhadap manusia, barang dan lingkungan jika terjadi kecelakaan relatif kecil. Walau demikian, untuk tujuan perencanaan tindakan penanggulangan kecelakaan, tetap harus dipertimbangkan penyebab kegagalan bungkusan yang tidak sesuai dengan desain dasar bungkusan tersebut sehingga dapat menimbulkan bahaya, misalnya:

1. Tumbukan yang kuat sehingga dapat menembus sistem pengungkung bungkusan.
2. Kobaran api dalam jangka waktu yang panjang sehingga dapat

menyebabkan hilangnya fungsi penahan radiasi dan/atau pengungkung bungkusannya.

3. Kerusakan pada bungkusannya akan mengakibatkan berkurangnya kemampuan bertahan terhadap tekanan yang sudah dirancang.

Bungkusannya zat radioaktif terbagi atas beberapa jenis sesuai dengan kriteria besaran atau jenisnya (lihat Lampiran-I). Berdasarkan jenis bungkusannya, kecelakaan pengangkutan zat radioaktif dapat menimbulkan bahaya radiologi dari tingkat rendah hingga tingkat tinggi. Bahaya kecelakaan tingkat rendah dapat terjadi pada semua jenis bungkusannya, sedangkan bahaya kecelakaan tingkat tinggi hanya terjadi pada bungkusannya tipe B dan C karena aktifitasnya yang tinggi (beberapa GBq sampai beberapa juta GBq).

#### Potensi bahaya karena bentuk fisik zat radioaktif

Zat radioaktif dikirim baik dalam bentuk *dispersible* (mudah menyebar, seperti bubuk, cairan, gas) atau *non-dispersible* (tidak mudah menyebar). Material *dispersible* misalnya radiofarmaka yang digunakan dalam diagnosis medis atau perawatan. Sedangkan material *non-dispersible* misalnya zat radioaktif yang padat dan besar atau zat radioaktif padat terbungkus dalam kapsul.

Jika kecelakaan dalam pengangkutan melibatkan material *dispersible*, maka kondisi yang dihadapi personil penanggulangan

kecelakaan meliputi tingkat radiasi eksternal tinggi, kontaminasi personil, kendaraan/barang, jalan, permukaan tanah dan udara, serta potensi bahaya lain seperti korosif, oksidasi, *unburned flammables*.

Jika materialnya adalah *non-dispersible*, biasanya tidak menghasilkan kontaminasi yang berarti, tetapi mungkin saja ada bagian yang mempunyai tingkat radiasi yang membahayakan. Hal ini dapat mengurangi atau menghilangkan fungsi penahan radiasi dari bungkusannya tersebut. Walaupun demikian dalam kondisi kecelakaan mungkin saja material yang diangkut dalam bentuk *non-dispersible* dapat menyebabkan penyebaran kontaminasi yang tinggi, misalnya bila kondisi kebakarannya parah.

#### Potensi bahaya dari material yang mempunyai kandungan berbahaya lain

Zat radioaktif dapat mengandung bahaya lain, bahaya ini dapat melebihi bahaya radiasi. Contoh:  $UF_6$  memiliki bahaya toksisitas kimia yang tinggi, Uranil Nitrat merupakan larutan zat radioaktif yang korosif.

Bahaya tambahan ini harus dipertimbangkan dalam penanggulangan kecelakaan. Bahaya ini dapat diidentifikasi oleh pekerja kedaruratan melalui label dan plakat tanda barang berbahaya.

Potensi bahaya akibat paparan dan kontaminasi zat radioaktif. Kemungkinan terkena paparan zat radioaktif bentuk *dispersible* dan *non-dispersible* yang terlibat dalam kecelakaan pengangkutan dapat terjadi misalnya bila kerusakan bungkusan cukup parah sehingga merusak sistem pengungkung, maka api dan penggunaan air serta bahan kimia untuk memadamkan api dapat menyebabkan mudahnya penyebaran zat radioaktif disekitar kecelakaan. Pekerja yang berada dalam daerah kontaminasi pada saat terjadi kecelakaan dapat terkontaminasi juga dan dapat mempercepat penyebaran kontaminasi karena tindakannya.

Selain itu, zat radioaktif *dispersible* dapat mengkontaminasi hasil pertanian lokal dan air minum yang membahayakan pada hasil produk dan air minum tersebut apabila dikonsumsi oleh makhluk hidup. Cuaca, seperti angin dan hujan dapat meluaskan kontaminasi radioaktif, juga kendaraan pengangkut atau peralatan yang dipergunakan oleh pekerja penanggulangan kecelakaan karena tidak ada pendeteksian kontaminasi radioaktif.

#### Tanggungjawab Personil Penanggulangan Kecelakaan Dalam Pengangkutan Zat Radioaktif

Bila terjadi terjadinya kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif maka beberapa organisasi pemerintah, pengirim, pengangkut mempunyai tanggungjawab untuk melakukan

tindakan mengurangi akibat kecelakaan tersebut. Umumnya dalam situasi kecelakaan pengangkutan maka tim penanggulangan kecelakaan terdiri dari tim keselamatan, tim medis, tim pemadam kebakaran, dan Polisi yang bertugas menangani kecelakaan.

Selain itu perlu melibatkan organisasi yang mempunyai keahlian dalam menangani zat radioaktif, sehingga mampu menilai besarnya kecelakaan dan melaksanakan tindakan perlindungan yang bertujuan untuk mengendalikan/mengurangi bahaya radiasi.

Tanggungjawab Instansi yang berwenang Tingkat keparahan akibat kecelakaan menentukan tingkat penanggulangan dan organisasi yang terlibat dalam penanggulangan kecelakaan itu. Instansi yang berwenang harus melakukan koordinasi dengan organisasi dan badan lainnya guna menentukan fungsi, tugas dan tanggungjawab masing-masing dalam penanganan kecelakaan tersebut.

Perencanaan dan prosedur penanggulangan kecelakaan yang disusun oleh pemerintah tingkat lokal dan propinsi harus diperiksa terlebih dahulu oleh Instansi yang berwenang. Hal ini bertujuan untuk menjamin bahwa perencanaan dan prosedur tersebut sesuai dengan perencanaan dan prosedur penanggulangan nasional. Hal ini merupakan bagian dari proses

perencanaan, yaitu menentukan apakah organisasi dan badan tersebut mempunyai kemampuan memadai untuk menanggulangi dampak kecelakaan pengangkutan zat radioaktif.

#### Tanggungjawab Pengirim dan Png • • lult

Pada prinsipnya, untuk menjamin kesiapan pengiriman zat radioaktif merupakan tanggungjawab utama dari pengirim. Tetapi umumnya, baik pengangkut maupun pengirim secara bersama-sama menyiapkan tindakan penanggulangan dan bantuan teknis yang tepat untuk pekerja kedaruratan.

Pengirim harus memastikan bahwa sebelum melaksanakan pengangkutan zat radioaktif pengirim sudah benar-benar memahami prosedur yang harus dilakukan bila terjadi kecelakaan dalam pengangkutan. Pengirim harus dapat memastikan bahwa pengaturan tindakan penanggulangan kecelakaan pengangkutan zat radioaktif sudah tepat. Pengaturan ini meliputi penyiapan untuk informasi mengenai pengiriman, pengetahuan mengenai bagaimana menangani kecelakaan, dan melengkapi bantuan teknis untuk kecelakaan.

Meskipun tanggungjawab utama keselamatan pengangkutan ada pada pengirim tetapi pengangkut juga mempunyai tanggungjawab untuk menjaga keselamatan selama pengangkutan dan melakukan tindakan yang tepat apabila terjadi kecelakaan. Pengangkut harus

memastikan bahwa instruksi penanggulangan kecelakaan sudah dibawa dan dapat digunakan untuk menangani tindakan pertama dalam kedaruratan kecelakaan. Petugas pengangkut harus diinstruksikan agar segera setelah terjadi kecelakaan, mereka memberitahukan kepada polisi atau agensi lain yang berkaitan dengan kecelakaan, pengirim dan instansi yang berwenang lainnya.

#### Tanggungjawab Tim Proteksi Radiasi

Untuk mendukung organisasi penanggulangan kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif, harus ada tim proteksi yang sudah terlatih dan difasilitasi dengan peralatan yang memadai. Tim proteksi radiasi ini mempunyai tugas untuk menilai akibat kecelakaan yang menimbulkan pelepasan zat radioaktif. Wewenang tim proteksi radiasi meliputi: mengevaluasi bahaya radiologi, melakukan langkah yang tepat guna meminimalisir penyebaran kontaminasi zat radioaktif dan paparan radiasi terhadap manusia, serta memberi informasi teknis dan saran kepada instansi yang berwenang dalam melakukan perawatan terhadap orang terkena bahaya radiasi.

Komunikasi dengan tim proteksi radiasi harus dapat dilakukan 24 (dua puluh empat) jam per hari, 7 (tujuh) hari per minggu sehingga anggota tim dapat segera mengetahui apabila bantuan mereka

diperlukan di lokasi kecelakaan tersebut.

**Tanggungjawab Untuk Informasi dan Komunikasi**

Meskipun personil dan organisasi yang terlibat dalam penanggulangan kecelakaan ini berbeda-beda, tetapi informasi dan komunikasi mengenai kecelakaan pengangkutan zat radioaktif harus ditangani oleh petugas-petugas yang sudah terbiasa menangani kecelakaan pengangkutan barang berbahaya lainnya, karena petugas-petugas tersebut sudah terlatih dan memiliki fasilitas komunikasi yang lengkap.

**Penanggulangan Kecelakaan Dalam Pengangkutan Zat Radioaktif**

Perencanaan penanggulangan kecelakaan harus cukup fleksibel agar dapat menangani berbagai macam kecelakaan.

Tindakan penanggulangan kecelakaan terbagi atas 3 (tiga) fase, yaitu:

1. Fase Awal Kecelakaan.
2. Fase Pengendalian Kecelakaan.
3. Fase Pasca Penanggulangan Kecelakaan.

Dalam fase awal kecelakaan fokus utama adalah menyelamatkan manusia dan identifikasi bahaya, dalam fase pengendalian kecelakaan dilakukan evaluasi terhadap kondisi kecelakaan dan tindakan yang harus diambil, sedangkan dalam fase

pasca penanggulangan kecelakaan dilakukan tindakan penanggulangan dan pembersihan/dekontaminasi. Cakupan minimal perencanaan penanggulangan kecelakaan radioaktif dan uraian setiap fase penanggulangan kecelakaan dapat dilihat pada Lampiran-2.

Berikut ini contoh kasus penanggulangan kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif yang dapat diambil sebagai pelajaran, ketika itu tahun 1979 pesawat penumpang jenis DC-8 mengalami kegagalan sewaktu melakukan pendaratan di bandara Athens, menabrak pagar pembatas airport dan melintasi jalan umum. Benturan menyebabkan pesawat terbakar, di dalam kargo pesawat terdapat 40 bungkusan radioaktif yaitu : III-kuning sebanyak 3 bungkusan, I-Putih sebanyak 26 bungkusan, dan bungkusan dikecualikan sebanyak 11 bungkusan

Fase awal Tim kedaruratan bandara merupakan tim yang pertama datang ke lokasi kecelakaan dan dilengkapi dengan peralatan keselamatan dan pemadam kebakaran. Selama periode 5 jam pertama, penguasa airport tidak menyadari bahwa di dalam kargo yang terbakar tersebut terdapat zat radioaktif. Ketika menyadari hal itu mereka segera memberitahu pusat penelitian nuklir terdekat, tindakan ini merupakan tindakan yang sesuai dengan prosedur perencanaan kedaruratan.

Tim kedaruratan radiologi tiba di lokasi 1 jam kemudian. Pada saat itu api belum dapat dipadamkan sepenuhnya sehingga tim hanya dapat melakukan survey di area eksternal saja. Tim ini melokalisir area dimana bungkus radioaktif disimpan, tetapi tidak terdeteksi adanya kontaminasi eksterna. Sambil menunggu api padam, tim radiologi melakukan pengecekan kontaminasi terhadap anggota tim kedaruratan (polisi, pemadam kebakaran dan tenaga medis) dengan menggunakan alat ukur portable.

Infonnasi: detil mengenai zat radioaktif tidak diperoleh hingga 12 jam pasca kecelakaan. Sehingga infonnasi awal mengenai potensi bahaya radiasi hanya didasarkan pada pengukuran menggunakan alat ukur pada lokasi tersebut..

Fase pengendalian kecelakaan  
Segera setelah diperbolehkan memasuki daerah kecelakaan maka tim radiologi menuju kargo dan mulai melakukan survey di lokasi tersebut dan mengumpulkan bungkus zat radioaktif. Kondisi kargo hampir seluruhnya terbakar dan hampir semua kaleng radioaktif terbakar sehingga vial gelas mengalami kerusakan dan tanpa penutup karet.. Sebagian besar penahan timbal meleleh dan bercampur dengan kaleng metal.. Reruntuhan yang terkontaminasi dimasukkan ke dalam drum metal, kemudian dilakukan survey radiasi di dalam dan di luar pesawat.. Laju

paparan dalam ruang kargo kurang dari 0,01 mSv/jam, hal ini disebabkan kontaminasi dari Sodium-22. Di luar ruang penyimpanan tidak terdeteksi adanya kontaminasi.. Berdasarkan pengukuran tersebut maka tim radiologi merekomendasikan untuk membuang bangkai pesawat..

Fase pasca penanggulangan kecelakaan

Drum yang mengandung puing-puing zat radioaktif dikirim ke pusat penelitian nuklir untuk dianalisis dan dikubur.

## Diskusi dan Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas yang meliputi potensi bahaya akibat kecelakaan, tanggungjawab personil dan tindakan penanggulangan kecelakaan dalam pengangkutan zat radioaktif dengan contoh kecelakaan pesawat terbang, terlihat bahwa proses penanggulangan kecelakaan ini cukup kompleks baik dari segi koordinasi antar institusi maupun teknis pelaksanaan di lapangan. Oalam menyusun silabus praktik penanggulangan kecelakaan terse but sebaiknya telah tersedia suatu program penanggulangan kecelakaan tingkat nasional yang selanjutnya dapat diturunkan menjadi program propmsi atau lokal.. Sekiranya hal tersebut belum tersedia, maka secara urnum disimpulkan hal tersebut dibawah ini dapat digunakan sebagai panduan:

1. skenario kecelakaan pengangkutan melibatkan pelepasan sumber radioaktif dengan kemungkinan sumber hilang, pelindung rusak dan paparan yang berlebihan,
2. skenario kecelakaan mencakup beberapa kemungkinan kondisi kedaruratan, tergantung asumsi yang digunakan, sehingga peserta harus mengidentifikasi berbagai kemungkinan tingkat keparahan kecelakaan,
3. terdapat situasi yang melibatkan koordinasi antara berbagai institusi sesuai kewenangannya,
4. situasi darurat tersebut juga menyebabkan peserta harus mampu mengidentifikasi peralatan yang diperlukan untuk menanggapinya,
5. korban luka-luka dapat ditambahkan dalam skenario untuk menguji tanggap medis
6. termasuk dalam skenario adanya pembuatan informasi untuk masyarakat agar mengetahui akan adanya kecelakaan itu dan waspada terhadap potensi bahaya yang ditimbulkan.

#### Daftar Pustaka

- International Atomic Energy Agency, Planning and Preparing for Emergency Response to transport Accidents Involving Radioactive Material, IAEA-Safety Standards Series No. Ts-G-1.2 (ST-3), IAEA, Vienna 2002.
- International Atomic Energy Agency, Regulation for The Safe Transport of Radioactive Material (ST-1, 1996 edition, revised), Safety Standards Series No. TS-R-I, IAEA, Vienna 2000.
- International Atomic Energy Agency, Generic Procedures for Assessment and Response During A Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-I162, IAEA, Vienna 200.

## Lampiran-I

### Bungkusan Dikecualikan

Hanya diperbolehkan untuk zat radioaktif yang mempunyai aktivitas rendah, sehingga apabila terjadi kecelakaan maka akibat yang ditimbulkan juga kecil dan tidak diperlukan tindakan perlindungan khusus. Walaupun demikian kemungkinan timbulnya kontaminasi akibat tertembusnya bungkusan tersebut harus menjadi pertimbangan dalam menyusun langkah-langkah penanggulangan kecelakaan.

### Bungkusan Industri

Jumlah dan bentuk material *Low Specific Activity* (LSA) dan *Surface Contaminated Objects* (SeC) dalam bungkusan industri dibatasi, sehingga tingkat radiasi eksternal yang berjarak 3 meter dari material yang tidak terbungkus tersebut tidak boleh melebihi 10 mSv/jam. Walaupun potensi bahaya radiologinya relatif rendah, tetapi bila terjadi kecelakaan dapat menimbulkan bahaya internal dan penyinaran eksternal, sehingga perlu dilakukan tindakan perlindungan.

### Bungkusan Tipe A

Dirancang untuk kondisi pengangkutan normal dan aktivitasnya terbatas. Batasan aktivitas untuk bungkusan tipe A merupakan batasan bahaya bungkusan tersebut, sehingga bila terjadi kecelakaan yang menyebabkan jepasnya zat radioaktif atau hilangnya fungsi penahan radiasi maka bahayanya hanya ada di sekitar bungkusan. Asumsi dasar dalam mempertimbangkan akibat kecelakaan adalah manusia tanpa pelindung berada pada jarak 1 meter dari bungkusan yang rusak selama 30 menit tidak akan mendapat paparan radiasi melebihi 50 mSv. Dosis 50 mSv ini berasal dari penyinaran langsung akibat radiasi eksternal atau berasal dari dosis terikat akibat inhalasi atau ingesti.

### Bungkusan Tipe B dan C

Berisi zat radioaktif dengan aktivitas dari beberapa GBq sampai beberapa juta GBq, misalnya: bahan bakar nuklir. Bungkusan ini didesain untuk dapat bertahan dalam kondisi kecelakaan, sehingga bila terjadi kecelakaan maka bahaya radiasi yang timbul diharapkan hanya terbatas pada lingkungan disekitar kecelakaan saja. Rusaknya bungkusan tipe B dan C yang mengandung zat radioaktif dalam jumlah besar dapat menyebabkan efek negatif yang serius terhadap kesehatan dan mempengaruhi keselamatan di lokasi kecelakaan, sehingga harus segera dilakukan tindakan penanggulangan kecelakaan agar dapat segera dikendalikan dan kembali pada keadaan normal..

### Bungkusan yang Mengandung Bahan Fisil

Potensi bahaya akibat kecelakaan dalam pengangkutan yang melibatkan bahan fisil tergantung pada:

1. Jenis radioaktivitas.
2. Sifat bahan fisil.
3. Jumlah bahan fisil.
4. Kondisi kecelakaan.
5. Kritikalitas bahan fisil.

#### Perencanaan Penanggulangan Kecelakaan Radioaktif MeJiputi:

- Dasar perencanaan penanggulangan kecelakaan.
- Tanggung jawab, kemampuan dan tugas dari organisasi yang terlibat dalam penanggulangan kecelakaan.
- Prosedur untuk siap siaga dan pemberitahuan kepada organisasi terkait.
- Metode untuk mengumumkan adanya bahaya serta tindakan yang harus dilakukan oleh masyarakat.
- Tingkat intervensi dan action untuk paparan dan kontaminasi.
- Tindakan perlindungan.
- Dukungan tenaga medis dan kesehatan masyarakat.
- Prosedur pelatihan dan evaluasi perencanaan.
- Informasi terhadap masyarakat.

#### Tiga Fase Tindakan Penanggulangan Kecelakaan:

##### 1. Fase Awal

Pengangkut dan Pengirim mempunyai tanggungjawab dalam tindakan awal penanggulangan kecelakaan. Mereka harus memberitahu instansi yang berwenang dan organisasi terkait sesegera mungkin pada tahap awal setelah terjadinya kecelakaan. Tindakan penanggulangan yang harus dilakukan oleh tim yang pertama kali datang ke lokasi kecelakaan adalah:

- Menyelamatkan manusia.
- Memberi pertolongan pada orang yang mengalami luka.
- Isolasi daerah kecelakaan.
- Mencegah menyebarnya kobaran api.
- Mengidentifikasi bahaya.
- Menentukan tindakan yang harus dilakukan guna mencegah terjadinya babaya lebih jauh terhadap manusia.
- Memanggil ahli pendukung yang tepat.

Pada umumnya informasi yang tersedia pada lokasi kecelakaan hanyalah informasi visual saja, yaitu dapat diketahui dari dokumen pengangkutan, tanda dan label pada bungkusan dan/atau plakat pada kendaraan atau kontainer. Polisi, pemadam kebakaran dan tim lain harus dilatih untuk mengenali informasi visual ini, sehingga dapat memperkirakan situasi dan memberitahu ahli yang tepat guna mendapat bantuan dan saran.

Polisi, pemadam kebakaran atau personil kedaruratan lain harus dapat menjamin bahwa tempat kejadian kecelakaan dan daerah sekitarnya (pada jarak tertentu) kosong (tidak dapat dimasuki manusia), hanya personil yang menangani penanggulangan kecelakaan yang diperbolehkan berada dalam area tersebut.

Komunikasi yang jelas harus dilakukan oleh personil kedaruratan yang berada di area kecelakaan dengan instansi berwenang terkait.. Jalur komunikasi tersebut harus tetap terjaga dengan baik.

Penyelidikan awal harus dilakukan oleh personil kedaruratan untuk memperkirakan efek yang dapat ditimbulkan pada kehidupan manusia, barang dan lingkungan. Penyelidikan awal ini harus dapat menentukan tindakan yang tepat untuk dilakukan pada fase pengendalian dan fase paska penanggulangan kecelakaan.

Penyelidikan ini harus mengevaluasi situasi pada daerah kecelakaan dengan cara:

1. Memastikan adanya zat radioaktif.
2. Mengidentifikasi radionuklida apa saja yang terlibat dan berapa jumlahnya.
3. Memastikan apakah keutuhan kontainer pengangkut atau bungkusan terganggu.
4. Memperkirakan potensi radiologi..

## 2. Fase Pengendalian Kecelakaan

Informasi dasar yang diperoleh dari hasil tindakan yang dilakukan selama fase awal harus digunakan oleh penanggungjawab untuk fase pengendalian kecelakaan (diidentifikasi sebagai "*Incident Commander*") guna menentukan tindakan utama yang diperlukan selama fase pengendalian kecelakaan.

Sebagai bagian dari proses perencanaan kedaruratan maka tim proteksi radiasi harus diberi wewenang, disiapkan dan dilengkapi dengan peralatan, agar fase pengendalian kecelakaan dapat ditangani oleh orang-orang atau tim yang berkualitas, berpengalaman serta dilengkapi peralatan yang memadai. Tim ini berasal dari instansi yang berwenang (pemerintah), instansi nuklir, rumah sakit atau organisasi lain yang dapat memperkirakan bahaya radiologi dan mempunyai pelayanan proteksi radiasi. Tim ini harus mampu dan berwenang untuk melakukan monitoring radiasi, menilai bahaya dan memberi saran yang tepat.

Tujuan utama dari monitoring radiasi adalah memberikan informasi secepat mungkin sehingga dapat menentukan tindakan perlindungan dan perbaikan. Untuk mencapai tujuan ini maka harus dilakukan pengukuran tingkat radiasi (mSv/jam) dan tingkat kontaminasi lokal (8q/cm). Tim ini harus mempunyai peralatan monitoring radiasi yang tepat dan personil yang berkualitas, terlatih untuk mengoperasikan peralatan ini. Peralatan ini juga harus dirawat dan dikalibrasi. Pada beberapa kasus mungkin diperlukan adanya mobil laboratorium radiologi.

Berdasarkan hasil pengukuran maka orang yang berkompeten, misalnya pimpinan tim, harus mengevaluasi bahaya radiologi dan memberi saran kepada petugas kedaruratan yang lain, termasuk manager kedaruratan. Berdasarkan evaluasi dari kondisi kecelakaan maka harus diambil keputusan mengenai tindakan yang harus dilakukan terhadap bungkusan dan tindakan perbaikan yang diperlukan. Apabila ada pelepasan zat radioaktif maka harus dilakukan evakuasi personil pada jarak

tertentu. Tindakan perlindungan yang harus dipertimbangkan dalam kecelakaan pengangkutan, bila ada bahaya radiasi dan kontaminasi adalah:

- Pengendalian akses masuk dan keluar dari lingkungan kecelakaan.
- Tindakan perlindungan dalam daerah yang diisolasi (*cordoned off*).
- Tindakan perlindungan personil.
- Sheltering atau evakuasi..
- Dekontaminasi personil..
- Pengendalian suplai bahan makanan dan air.
- Perlindungan terhadap sistem drainase lokal.

### 3. Fase Paska Penanggulangan Kecelakaan.

Bila kasus keadaan kedaruratan telah teratasi dan sudah dipastikan bahwa tidak ada bahaya dalam daerah kecelakaan tersebut serta tindakan perlindungan sudah dilaksanakan untuk melindungi masyarakat dan lingkungan dari bahaya kontaminasi dan paparan radiasi, maka penanggungjawab kecelakaan di daerah tersebut harus mendeklarasikan bahwa kecelakaan sudah dapat dihentikan/ditanggulangi. Setelah dilakukan deklarasi maka mulai dilakukan pembersihan/dekontaminasi dan pemulihan.

Metode dekontaminasi dan pemulihan adalah sebagai berikut:

- Mencuci atau menyapu jalanan dan objek lain serta permukaan dengan peralatan pemadam, kebakaran atau peralatan industri lain, dan cairan cucian harus dikumpulkan.
- Pelekatan kontaminan supaya tidak menyebar, dengan menggunakan cat, cairan atau padatan, seperti aspal.
- Mencuci dan membersihkan permukaan yang keras dan peralatan dengan air dan detergen atau bahan kimia. Cairan cucian harus dikumpulkan.
- Memindahkan, atau melepaskan, lapisan permukaan yang terkontaminasi..

Pengendalian terhadap hasil pertanian dan air minum juga harus dilaksanakan karena kemungkinan adanya kontaminasi dari kecelakaan, pengangkutan, zat radioaktif.