

PENANGGULANGAN KEADAAN DARURAT (PKD)

**PELATIHAN PENYEGARAN
SERTIFIKASI PERSONEL
IRADIATOR**

**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT APLIKASI TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

DAFTAR ISI

	hal
BAB I. IRADIATOR	1
1.1. Tipe-Tipe Iradiator	1
1.2. Iradiator di Indonesia	4
1.3. Aspek/ Sistem Keselamatan	5
BAB II. SISTEM PERALATAN IRADIATOR	
2.1. Peralatan listrik, Mekaik dan Air	8
2.2. Peralatan Pengaman	9
BAB III. KEADAAN DARURAT	11
3.1. Potensi Bahaya Fasilitas.....	11
3.2. Tindakan Umum Untuk Semua Kategori	12
3.3. Tindakan Umum Yang Dilakukan Pada Masing-Masing Kategori Kecelakaan Dan Tingkatan.....	13
3.4. Efek Radiasi Terhadap Manusia	14
3.5. Nilai Batas Dosis (NBD)	15
BAB IV. INFRASTRUKTUR PKD	17
4.1. Organisasi Penanggulangan Keadaan Darurat	17
4.2. Koordinasi	18
4.3. Prosedur Penanggulangan	18
4.4. Fasilitas, Peralatan dan Sarana Pendukung	19
4.5. Program Pelatihan dan Uji Coba	19
BAB V. RENCANA PENANGGULANGAN KEADAAN DARURAT (PERKA BAPETEN No.: 01/2010)	12
5.1. Pembagian Wilayah dan Zona	21
5.2. Jenis Kecelakaan	23
5.3. Prosedur Intervensi Dalam Keadaan Darurat	24
BAB VI. PENANGGULANGAN KEADAAN DARURAT (KEJADIAN ABNORMAL)	26
6.1. Keadaan Darurat/Potensi Kejadian Abnormal	26
6.2. Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat (PERKA 01/2010)	27
6.3. Organisasi dan Personil Penanggulangan Keadaan Darurat (PKD) ..	28
6.4. Dosis Panduan Bagi Petugas Penanggulangan	29
6.5. Peralatan dan Pemeliharaan Peralatan Penanggulangan Keadaan Darurat	30
6.6. Mekanisme dan Jangka Waktu Pelaporan	30
RANGKUMAN	32
LATIHAN SOAL.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN....	35

BAB I. IRADIATOR

1.1. Tipe-Tipe Iradiator

Iradiator adalah fasilitas untuk meng-irradiasi suatu bahan untuk kepentingan tertentu, umumnya dengan dosis radiasi yang besar. Iradiator digunakan untuk banyak tujuan, baik di bidang industri maupun penelitian.

1. Sumber Radiasi

Berdasarkan jenis sumber radiasi yang digunakan, ada 2 tipe iradiator, yaitu iradiator gamma dan iradiator dengan pemercepat elektron. Iradiator gamma umumnya menggunakan sumber Co-60 dengan aktivitas hingga 540 kCi. Selain Co-60, terkadang dipakai juga sumber Cs-137. Adapun iradiator dengan pemercepat elektron biasanya menggunakan elektron dengan energi sampai 10 MeV.

2. Sistem penyimpanan sumber radiasi

Berdasarkan sistem penyimpanan sumber radiasi, fasilitas iradiator dibagi menjadi fasilitas iradiator kering dan fasilitas iradiator basah.

Fasilitas iradiator basah yaitu sistem tempat penyimpanan sumber radiasi dalam kolam berisi air. Apabila sumber radiasi tidak dipergunakan, akan disimpan di dalam kolam berisi air. Air ini dimanfaatkan sebagai pelindung yang selalu diawasi derajat keasamannya yang dapat mempengaruhi adanya korosi dan kemungkinan adanya kontaminasi.

Fasilitas iradiator kering yaitu fasilitas iradiator yang tempat penyimpanannya mempergunakan logam atau bangunan untuk sistem pengamanannya. Fasilitas iradiator kering ini sistem penyimpanannya dapat terletak di bawah permukaan tanah dengan mempergunakan alat pelindung tembok beton, dapat juga di atas permukaan tanah dengan menggunakan logam sebagai alat pelindungnya, dan yang dipergunakan adalah timah hitam (Pb) atau Uranium susut kadar.

3. Kategori iradiator

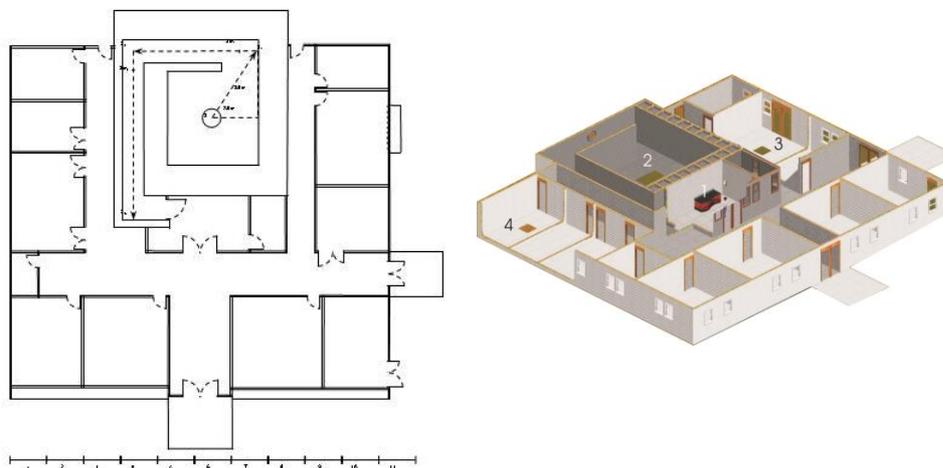
Dalam IAEA Safety Series No.107, ada 4 kategori fasilitas *gamma iradiator* sesuai dengan desain fasilitas, khususnya adanya pintu akses dan perisai sumber radiasi:

Kategori 1, iradiator dengan sumber terbungkus seluruhnya berada di dalam tempat penyimpanan kering (kontainer) yang terbuat dari material-material padat, sumber tersebut berada di dalam kontainer tersebut sepanjang waktu dan akses orang ke sumber tersebut dan ruangan irradiasi tidak dimungkinkan secara fisik.



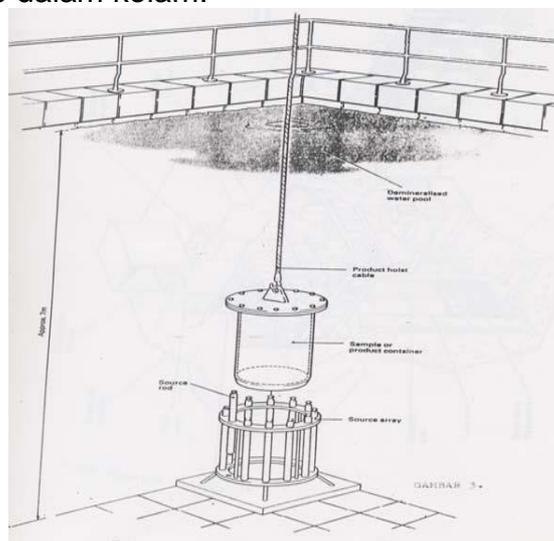
Gambar I.1. Iradiator gamma kategori 1

Kategori 2, fasilitas iradiator dengan sistem pengawasan untuk setiap orang yang masuk ke dalam ruang irradiasi, sumber terbungkus disimpan dalam kontainer padat, apabila tidak dipergunakan sumber berada dalam kontainer tersebut, bila hendak dipergunakan sumber akan keluar dengan dioperasikan melalui panel kontrol di ruang kontrol.



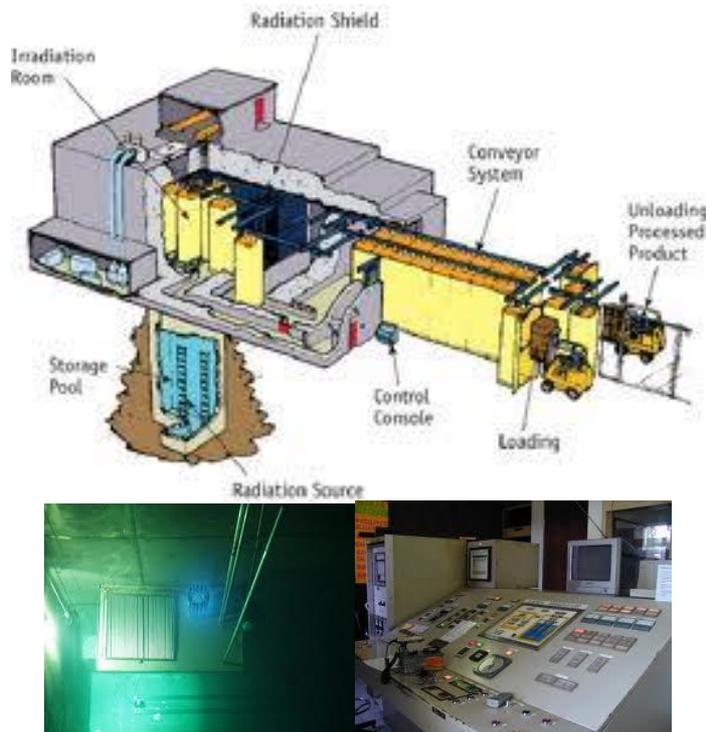
Gambar I.2. Iradiator gamma kategori 2

Kategori 3, fasilitas iradiator dengan sumber terbungkusnya berada di dalam kolam berisi air sehingga tidak dilindungi lagi. Sumber radiasi tersebut selamanya berada dalam air. Jika hendak melakukan radiasi suatu bahan, bahan tersebut dengan kontainernya harus dimasukkan ke dalam kolam.



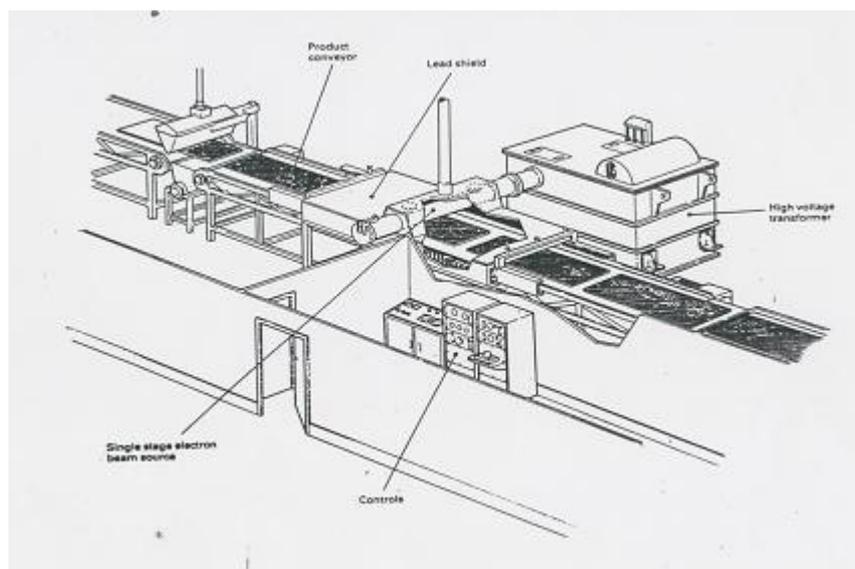
Gambar I.3. Iradiator gamma kategori 3

Kategori 4, fasilitas iradiator dengan sumber terbungkusnya berada di dalam kolam air. Pada fasilitas ini sistem pengawasan bagi orang-orang yang memasuki ruangan tersebut sangat diperhatikan. Sumber tersebut akan berada dalam air apabila tidak dipergunakan dan akan keluar dari kolam air apabila akan dipergunakan untuk radiasi dengan suatu sistem kontrol dari ruang operator (*control room*).



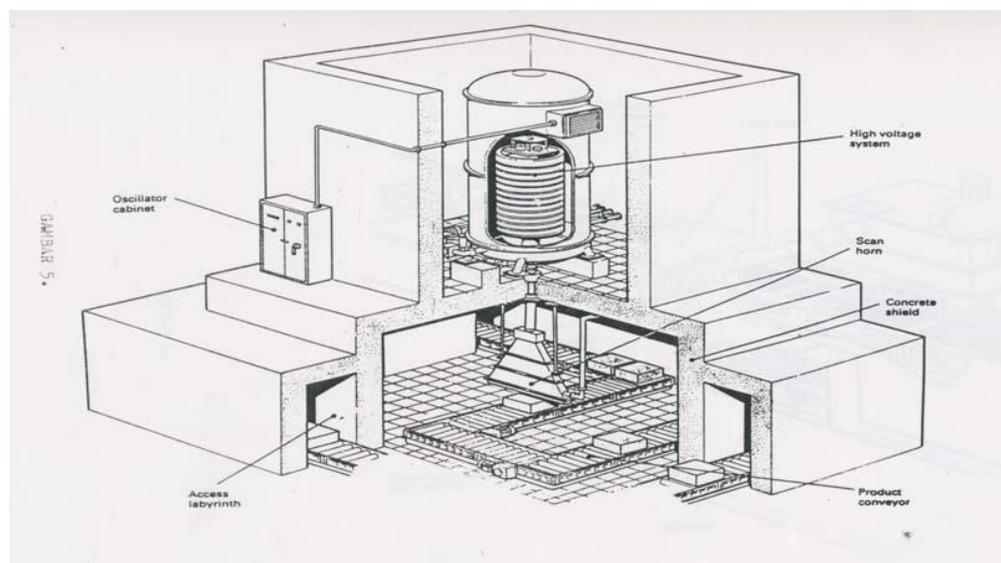
Gambar I.4. Iradiator gamma kategori 4

Adapun iradiator berkas elektron terdiri dari 2 kategori: **Kategori I**, suatu unit yang terkungkung secara keseluruhan dengan interlock sistem dan orang tidak masuk ke dalamnya dikarenakan rapat konfigurasi pelindung.



Gambar I.5. Iradiator berkas elektron kategori I

Kategori II, suatu unit yang diletakkan dalam ruangan yang merupakan pelindung, dan dijaga agar tidak ada orang yang masuk dengan menggunakan sistem interlock.



Gambar I.6. Iradiator berkas elektron kategori II

4. Sistem penyinaran sampel

Berdasarkan sistem penyinaran sampel, iradiator dibagi atas 2 tipe, tipe *batch* dan tipe kontinyu. Iradiator tipe *batch* yaitu iradiator yang melakukan penyinaran sampel setelah sampel tersusun dengan baik. Pada waktu penyusunan sampel, sumber berada dalam tempat penyinaran, apabila penyusunan sampel telah selesai maka sumber akan keluar dari tempat penyinaran dan melakukan penyinaran. Iradiator tipe kontinyu yaitu iradiator yang melakukan penyinaran sampel pada saat sumber berada di atas kolam. Penyinaran ini dapat terus berjalan pada saat yang bersamaan keluarnya sumber dan berpindahannya sampel yang diradiasi terus menerus berdasarkan waktu tertentu.

1.2. Iradiator di Indonesia

1. Iradiator gamma

a. Iradiator gamma cell (kategori I)

Iradiator gamma cell adalah iradiator Co-60 yang berperisai langsung dari wadahnya, dengan volume irradiasi yang terbatas. Iradiator ini ada di PATIR BATAN Pasar Jumat Jakarta, yaitu Gamma Cell 220 dan Gamma Chamber 4000A. Aktivitas sumber untuk Gamma Cell 220 adalah 10.697 Ci (1 Maret 1968), sedangkan untuk Gamma Chamber 4000A adalah 10.980 Ci (Maret 1982).

b. Iradiator Gamma IRPASENA (kategori II)

Fasilitas Iradiator Panoramik Serbaguna (IRPASENA) ada di PATIR BATAN Pasar Jumat Jakarta, dibangun tahun 1978. Sumber radiasi yang digunakan adalah Co-60 dengan kapasitas 100 kCi.

c. Iradiator gamma penyimpanan basah/sistem kolam (kategori IV)

Di Indonesia, kategori ini terdapat di PATIR BATAN Pasar Jumat Jakarta yang disebut IRKA (Iradiator Karet Alam) dan di REL ION.

1) IRKA

Sumber yang dipakai adalah Co-60 dengan aktivitas maksimum yang mampu dibebankan ke dalam fasilitas ini adalah 450 Ci. Kapasitas produk 1500 kg dengan sistem *batch* yang dioperasikan secara manual.

2) Iradiator gamma REL ION

Sumber yang dipakai adalah Co-60 dengan aktivitas maksimum yang mampu dibebankan adalah 6 MCi.

2. Iradiator berkas elektron

- a. Iradiator berkas elektron berperisai terintegrasi dengan sistem *interlock* (kategori I)
 - 1) Iradiator berkas elektron 300 EPS 300 keV
Iradiator berkas elektron 300 keV, 50 mA tipe EPS (*Electron Processing System*) dibangun pada 1 Juli 1984 di PATIR BATAN Pasar Jumat Jakarta. Iradiator ini dimanfaatkan untuk pelapisan permukaan kayu lapis, permukaan logam, penelitian dosimetri berkas elektron energi rendah, dll.
 - 2) Iradiator berkas elektron CURETRON
Fasilitas CURETRON tipe EBC 300-500 berada di lokasi pabrik ban PT Bridgestone Tire Indonesia, tepatnya pada salah satu line proses yaitu BSIN-KTEX/SR *Calendar Train*.
 - 3) Iradiator berkas elektron 350 keV, 20 mA
Fasilitas ini dimiliki oleh PTAPB-BATAN Yogyakarta, yang dimanfaatkan untuk penelitian dan pengembangan jasa irradiasi untuk produk industri dan Agro industri.
- b. Iradiator berkas elektron dengan sistem *interlock* pada ruang irradiasinya (kategori II)
Fasilitas iradiator berkas elektron yang termasuk dalam kategori ini adalah Iradiator berkas elektron GJ-2 di PATIR BATAN Pasar Jumat Jakarta.

1.3. Aspek/ Sistem Keselamatan

1. Iradiator dengan sistem penyimpanan kering

- a. Kriteria keselamatan sumber
Sumber gamma tertutup yang digunakan harus mempunyai sertifikasi.
- b. Kendali masukan ruang irradiasi
Setiap masukan ke dalam ruang irradiasi untuk iradiator kategori II dan IV harus tersedia pintu atau penghalang fisik untuk mencegah masuknya orang secara tak terduga ke ruang irradiasi jika sumber sedang dalam proses penyinaran atau tidak dalam posisi aman (dalam perisai). Pintu tsb. harus terkunci oleh kunci yang sama yang digunakan untuk mengeluarkan sumber dari posisi amannya atau untuk menaikkan tegangan dalam hal iradiator berkas elektron.
- c. Proteksi kebakaran
Ruang irradiasi harus dilengkapi dengan detektor panas dan detektor asap yang akan mengaktifkan alarm sehingga petugas dapat segera mencari bantuan. Pada saat yang bersamaan, sumber secara otomatis kembali ke posisi aman.
- d. Monitor radiasi
Monitor radiasi yang berfungsi untuk mendeteksi paparan yang berlebihan di ruang irradiasi harus bisa terlihat di akses pintu masuk oleh personil yang akan masuk. Monitor radiasi juga dipasang di pintu keluaran produk untuk mendeteksi zat radioaktif yang lepas dan terbawa keluar oleh pembawa produk (*conveyor*). Monitor ini dilengkapi dengan alarm audio dan dipasang *interlock* dengan kendali iradiator sehingga jika radiasi pada pintu keluaran produk melebihi batas yang ditentukan, konveyor akan berhenti dan sumber

secara otomatis terkungkung. Alarm yang berbunyi akan mengingatkan petugas untuk menanggulangi sumber yang terlepas tersebut.

e. Kendali penggerak sumber

Hanya ada 1 kunci untuk mengeluarkan sumber dari dalam perisai. Sistem kunci harus didesain sedemikian rupa sehingga tidak dapat dipindahkan/diambil saat sumber berada pada posisi penyinaran.

Rak sumber dan mekanisme penggerak sumber harus diproteksi dengan perisai atau pengarah untuk mencegah kemungkinan tumbukan antara produk /pembawa produk dengan rak.

f. Perisai radiasi

Bahaya radiasi yang harus diwaspadai adalah radiasi sekunder pada fasilitas iradiasi berkas elektron. Radiasi sekunder tsb berupa sinar-X yang dihasilkan saat elektron berinteraksi dengan bahan-bahan di sekitarnya. Struktur perisai untuk iradiator berkas elektron disarankan menggunakan bahan bernomor atom rendah.

2. Iradiator dengan sistem penyimpanan basah

a. Integritas kolam

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh pengungkung kolam, yaitu:

- 1) harus kedap air dan didesain untuk menjaga air agar selalu ada pada segala kondisi supaya dapat mengurangi kemungkinan bocornya air yang terkontaminasi dan berkurangnya fungsi air sebagai perisai.
- 2) Tahan karat
- 3) Mampu menyangga alat transportasi wadah sumber yang digunakan selama pemindahan sumber tanpa mengganggu integritas kolam.

Semua komponen tetap dalam kolam harus terbuat dari material tahan korosi karena hasil korosi dapat mempengaruhi integritas sumber. Kolam harus didesain dapat didekontaminasi dalam hal terjadi kebocoran sumber ke kolam.

b. Kontrol level air

Suatu kontrol level air otomatis harus tersedia dan terlihat untuk menjaga agar air selalu berada pada level yang ditentukan. Peralatan meter harus dipasang pada jalur sistem penambah air untuk menunjukkan adanya perubahan dalam pengisian air yang disebabkan oleh kebocoran kolam. Peralatan untuk mengaktifkan sinyal audio dan sinyal yang dapat dilihat pada daerah pengendalian jika level air berada 30 cm di bawah kondisi norma harus tersedia.

c. Pemantauan kualitas air

Kolam harus dilengkapi dengan sistem pemantauan kualitas air untuk:

- 1) menghindari masuknya pengotor ke dalam sistem air (seperti penyebab ionisasi, material pembersih, material korosif, atau produk iradiasi yang jatuh ke dalam air)
- 2) menjaga tingkat konduktansi air agar $<1000 \mu\text{S}/\text{m}^2$. Konduktansi harus dijaga konstan untuk mengurangi kemungkinan meningkatnya temperatur air akibat meningkatnya konduktansi. Hal ini juga akan mengurangi kerusakan peralatan listrik, kotak produk, dan sistem penempatan produk yang disebabkan tingginya tingkat kelembaban.

- 3) Penghalang fisik, seperti rel dan atau penutup metal harus dipasang untuk melindungi personil dari kecelakaan jatuh ke kolam. Penghalang tsb. harus dapat dipindahkan selama perbaikan/servis.

BAB II. SISTEM PERALATAN IRADIATOR

Pemegang Izin mempunyai kewajiban sebagai berikut:

1. Membuat petunjuk pelaksanaan kerja dan pengelolaan sumber radiasi, yang akan dilaksanakan oleh operator pada waktu mengoperasikan iradiator;
2. Mentaati dan melaksanakan semua peraturan dan pedoman kerja yang berlaku;
3. Membuat petunjuk tentang cara penanggulangan keadaan darurat;
4. Apabila terjadi suatu kelainan atau penyimpangan dari kondisi operasi normal atau kecelakaan yang diperkirakan dapat menimbulkan bahaya radiasi, maka pemegang izin operasi harus mengambil tindakan penanggulangan, sehingga tercapai kondisi normal kembali.

2.1. Peralatan Listrik, Mekanik dan Air

1. Perangkat khusus sumber radiasi
Listrik : Panel pengontrol arus tersendiri sesuai dengan ketentuan pabrik.
2. Iradiator Gamma Jenis Kering
 - a. Listrik:
 - Panel listrik dengan daya sesuai dengan kebutuhan;
 - Alat pengendali sumber;
 - Alat pengaman listrik yang disesuaikan dengan konstruksi iradiator,
 - termasuk monitor alarm;
 - Lampu penerangan;
 - Perangkat komunikasi;
 - Generator cadangan.
 - b. Mekanik
 - Perangkat penggerak sumber radiasi;
 - Indikator posisi sumber radiasi;
 - Keran (crane);
 - Sistem ventilasi ruang iradiator;
3. Iradiator Gamma Jenis Kolam
 - a. Listrik:
 - Daya listrik menurut kebutuhan;
 - Panel listrik;
 - Panel pengendali;
 - Alat pengaman listrik yang disesuaikan dengan konstruksi iradiator, termasuk monitor alarm;
 - Lampu penerangan;
 - Perangkat komunikasi;
 - Generator cadangan;
 - Stop kontak listrik dalam ruang iradiator.
 - b. Mekanik:
 - Perangkat tempat sumber radiasi;
 - Mesin penggerak tempat sumber radiasi;
 - Indikator posisi sumber radiasi;
 - Crane;
 - Sistem ventilasi ruang iradiator baru.
 - c. Air:
 - Perangkat demineralisasi air kolam;

- Perangkat sirkulasi air kolam;
 - Perangkat pengukur daya hantar air kolam (< 10 mhos);
 - Perangkat pembersih air permukaan kolam;
 - Sistem pembuangan air kolam;
 - Lampu penerangan dalam air kolam;
 - Tangki persediaan air;
 - Indikator ketinggian air dalam kolam.
4. Iradiator Yang Berbentuk Akselerator
- a. Listrik:
- 1) Daya listrik dengan tegangan-tegangan yang sesuai menurut kebutuhan peralatan:
 - 2) Saluran daya tegangan rendah untuk penerangan bangunan ventilasi dan sistem pendingin ruangan, pergerakan/pengaturan pesawat dan pompa vakum.
 - 3) Saluran daya tegangan tinggi untuk pemancar gelombang mikro (magnetron atau ignitron), osilator utama, modulator peralatan pembelok berkas elektron dan sistem pendingin akselerator.
 - 4) Panel listrik
 - 5) Panel pengendali
 - 6) Alat pengaman listrik disesuaikan dengan iradiator, akselerator
 - 7) Lampu penerangan
 - 8) Perangkat komunikasi
 - 9) Generator cadangan
 - 10) Stop kontak listrik dalam ruang iradiator
- b. Mekanik:
- 1) Crane (untuk servis/bongkar pasang akselerator)
 - 2) Sistem ventilasi ruang iradiator

2.2. Peralatan Pengaman

1. Perangkat khusus sumber radiasi
Pemadam kebakaran sesuai dengan petunjuk Departemen Tenaga Kerja.
2. Peralatan keselamatan khusus
 - a. Perlengkapan proteksi radiasi:
 - b. Survaimeter
 - c. Monitor perorangan
3. Iradiator Gamma Kering
 - a. Peralatan keselamatan umum
 - Pemadam kebakaran sesuai dengan petunjuk Departemen Tenaga Kerja
 - Penangkal petir
 - Ventilasi (pertukaran udara minimum 20 kali/jam atau konsentrasi ozon di udara tidak melebihi nilai batas yang diizinkan yaitu : 0,1 ppm).
 - b. Peralatan keselamatan khusus
 - Keselamatan radiasi
 - Sistem menurunkan sumber radiasi dalam keadaan darurat
 - Sistem penggerak sumber radiasi secara manual
 - Wadah sumber radiasi
 - Lampu tanda iradiasi
 - Sistem interlock
 - Delay Timer
 - Alat pengindra suhu

- c. Perlengkapan radiasi
 - Survaimeter
 - Monitor perorangan
 - Monitor radiasi ruangan
 - Tanda radiasi
- 4. Iradiator Gamma Kolam
 - a. Peralatan keselamatan umum
 - 1) Pemadam kebakaran sesuai dengan petunjuk Departemen Tenaga Kerja
 - 2) Penangkal petir (tidak boleh menggunakan penangkal petir radioaktif)
 - 3) Ventilasi (pertukaran udara minimum 20 kali/jam)
 - b. Peralatan keselamatan khusus
 - 1) Keselamatan radiasi
 - Sistem menurunkan sumber radiasi dalam keadaan darurat
 - Wadah sumber radiasi dalam kolam
 - Sistem pendingin sumber radiasi
 - Lampu tanda radiasi
 - Penutup lubang atap
 - Pintu lorong
 - Alat pengindera suhu
 - Peralatan penanganan sumber radiasi
 - Sistem interlok
 - Wadah bahan yang diiradiasi yang bentuk dan ukurannya tetap
 - Penutup Kolam
 - 2) Perlengkapan radiasi
 - Survaimeter
 - Monitor perorangan
 - Monitor radiasi ruangan
 - Alat tes hapus (smear test)
 - Tanda radiasi

BAB III. KEADAAN DARURAT

3.1. Potensi Bahaya Fasilitas

Untuk memahami tentang kedaruratan nuklir dan penanggulangannya, perlu diketahui terlebih dahulu mengenai kategori penanggulangan keadaan darurat nuklir. Dalam keputusan Kepala BAPETEN nomor : 05-P/Ka-BAPETEN/I-03 tanggal 20 Januari 2003 dan telah direvisi dengan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor: 01 Tahun 2010 tanggal 18 April 2010 mengenai katagori penanggulangan keadaan darurat nuklir berdasarkan potensi bahaya fasilitas. Kategori tersebut ditampilkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Penanggulangan Keadaan Darurat Nuklir Berdasarkan Potensi Bahaya Fasilitas

Kategori	Potensi Bahaya	Fasilitas
I	Fasilitas dengan potensi bahaya sangat besar yang dapat menghasilkan pelepasan radioaktif yang berdampak terhadap kesehatan deterministik serius daerah lepas kawasan	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktor dengan daya lebih besar 100MWth (PLTN, riset, kapal) • Fasilitas penyimpanan bahan bakar bekas kolam yang besar sama dengan teras reaktor untuk daya yang lebih besar atau sama dengan 3000 MWth • Inventori bahan radioaktif dengan batas katagori I (daur ulang bahan bakar bekas)
II	Fasilitas dengan potensi bahaya yang menghasilkan pelepasan radioaktif dengan dosis di atas nilai yang diizinkan tetapi tidak berdampak terhadap kesehatan deterministik serius daerah lepas kawasan	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktor dengan daya lebih besar atau sama dengan 2 MWth tetapi lebih kecil atau sama dengan 100 MWth (PLTN, riset kapal) • Fasilitas penyimpanan bahan bakar bekas kolam yang besar sama dengan teras reaktor untuk daya lebih besar dari 10 MWth dan lebih kecil dari 3000 MWth • Inventori bahan radioaktif dengan batas katagori II
III	Fasilitas dengan potensi bahaya tidak berdampak terhadap daerah lepas kawasan tetapi berpotensi terhadap kesehatan deterministik pada daerah lepas kawasan	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktor dengan daya lebih kecil 2 MWth • Fasilitas penyimpanan bahan bakar bekas kering • Fasilitas Iradiator, akselerator, radioterapi, produksi radioisotope • Laboratorium penelitian • Fabrikasi bahan bakar
IV	Potensi bahaya pada daerah yang terbatas, termasuk transportasi, hilang dan pencurian bahan radioaktif	<ul style="list-style-type: none"> • Pertambangan Uranium, fasilitas konversi • Tranportasi segala jenis bungkusan • Hilang, pencurian dan lain-lain • Sumber radiasi dapat berupa sumber

		<p>dapat berpindah tempat (mobil) seperti sumber radiografi industri (NDT)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontaminasi yang terjadi bersama jatuhnya satelit dengan tenaga reactor nuklir
V	Daerah yang potensi bahaya terhadap bahan makanan akibat kecelakaan yang terjadi di luar negara	<ul style="list-style-type: none"> • Kontaminasi dari daerah perbatasan Negara lain • Impor bahan-bahan terkontaminasi

3.2. Tindakan Umum Untuk Semua Kategori.

1. Tindakan Umum Untuk Semua Kategori

- a. Dalam tindakan pertolongan terhadap kecelakaan keselamatan manusia harus diutamakan.
- b. Pekerja radiasi tidak boleh melakukan pekerjaan berbahaya tanpa didampingi salah seorang temannya.
- c. Isolasi tempat kecelakaan dan cegah penyebaran zat radioaktif yang mungkin terjadi.
- d. Setiap orang yang terkontaminasi harus segera menanggalkan pakaian kerja atau perlengkapan yang terkontaminasi.
- e. Bagian tubuh yang terkontaminasi harus segera didekontaminasi sampai bersih.
- f. Setiap orang yang akan meninggalkan daerah kontaminasi tidak boleh, sebelum dimonitor oleh petugas yang berwenang.
- g. Apabila diperkirakan ada orang yang terkena kontaminasi interna melalui saluran pencernaan, pernapasan, luka atau penembusan kulit, wajib segera dilaporkan kepada petugas yang berwenang (Petugas Proteksi Radiasi) untuk mendapat perawatan khusus.
- h. Kontaminasi pada luka harus segera dibersihkan atau dicuci dan setelah itu dimonitor apakah sudah benar-benar bebas dari kontaminan.
- i. Dekontaminasi pada mata segera dilakukan sebagai pertolongan pertama, mata segera dicuci dengan *boor water*, kemudian segera bawa ke dokter.
- j. Bila terjadi kecelakaan eksterna dengan laju dosis tinggi, tindakan pertama adalah dengan cara mengosongkan ruangan atau daerah yang terkena radiasi kemudian isolasi tempat tersebut dan dipasang tanda radiasi serta rintangan.

2. Hal-Hal Umum Yang Perlu Diperhatikan.

- a. Isolasi tempat kecelakaan dengan cara memagari dan / atau memberi tanda-tanda untuk mencegah agar orang tidak terkontaminasi. Tidak seorangpun diperbolehkan masuk berada dalam daerah tersebut sampai petugas proteksi radiasi atau orang yang ditunjuk datang memeriksa dan memimpin tindakan penyelamatan. Pejabat yang berkepentingan harus segera diberi tahu.
- b. Semua orang yang diperkirakan terkena paparan radiasi dan kontaminasi zat radioaktif harus segera memperoleh bantuan dan diperiksa.
- c. Apabila terjadi kebakaran, tindakan pertolongan harus ditangani oleh orang yang ahli.

- d. Setiap gedung, daerah, ruangan, perlengkapan, alat angkut, semua benda yang terkontaminasi sebagai akibat kecelakaan harus didekontaminasi di bawah pengawasan petugas proteksi radiasi.
- e. Berita acara kecelakaan harus segera dipersiapkan dan disampaikan kepada instansi yang berwenang oleh pihak yang bertanggung jawab, meliputi sebabmusabab terjadinya kecelakaan, tindakan penyelamatan yang telah diambil dan lain-lain keterangan yang berguna untuk mengadakan evaluasi guna untuk memperbaiki tatacara pencegahan kecelakaan dan tindakan penyelamatan.
- f. Apabila kecelakaan sangat luas atau serius misal seseorang atau lebih menerima dosis radiasi lebih dari batas yang diizinkan atau mengakibatkan banyak orang terlibat dalam kecelakaan , Instansi Bapeten akan melakukan investigasi kecelakaan untuk memperoleh tentang sebab-sebab kecelakaan.

3.3. Tindakan Umum Yang Dilakukan Pada Masing-Masing Kategori Kecelakaan Dan Tingkatan

1. Fasilitas Kategori I

- a. Fasilitas akan mengklasifikasi kecelakaan dan memberitahukan kepada petugas kawasan, lepas kawasan dan nasional.
- b. Fasilitas akan menyediakan rekomendasi tindakan berdasarkan kondisi fasilitas dan hasil pemantauan di lapangan.
- c. Fasilitas akan mengambil segala tindakan yang mungkin untuk mencegah dan mengurangi pelepasan radioaktif.
- d. Petugas kawasan dan lepas kawasan akan segera mengambil tindakan penanggulangan mendesak di dalam fasilitas berdasarkan rekomendasi pihak fasilitas dan tidak menunggu sampai mereka melakukan pemantauan.
- e. Sampai dialihkan ke petugas kawasan fasilitas akan melakukan pemantauan di daerah kawasan untuk menentukan apakah tindakan tambahan diperlukan.
- f. Petugas kawasan atau lepas kawasan akan menyediakan layanan kepolisian, pemadam kebakaran, bantuan medis kepada fasilitas jika diminta.
- g. Operator fasilitas akan menjamin bahwa semua pekerja dilokasi (termasuk jika ada petugas dari luar) disediakan pelayanan proteksi radiology.
- h. Petugas tingkat nasional akan segera memberitahu kepada instansi terkait baik nasional maupun internasional untuk memberitahukan jika telah terjadi kecelakaan dan berjaga jaga jika terjadi penyebaran radioaktif sampai ke negara lain.
- i. Petugas tingkat nasional akan membantu petugas kawasan dan lepas kawasan untuk melakukan pemantauan lanjut dan mengkoordinasikan tindakan penanggulangan jangka panjang.

2. Fasilitas Kategori II

- a. Fasilitas akan mengklasifikasi kecelakaan dan memberitahukan kepada petugas kawasan, lepas kawasan dan nasional.
- b. Fasilitas akan menyediakan rekomendasi tindakan berdasarkan kondisi fasilitas dan hasil pemantauan di lapangan.

- c. Fasilitas akan mengambil segala tindakan yang mungkin untuk mencegah dan mengurangi pelepasan radioaktif.
- d. Petugas kawasan dan lepas kawasan akan segera mengambil tindakan penanggulangan mendesak di dalam fasilitas berdasarkan rekomendasi pihak fasilitas dan tidak menunggu sampai mereka melakukan pemantauan.
- e. Sampai dialihkan ke petugas kawasan fasilitas akan melakukan pemantauan di daerah kawasan untuk menentukan apakah tindakan tambahan diperlukan.
- f. Petugas kawasan atau lepas kawasan akan menyediakan layanan kepolisian, pemadam kebakaran, bantuan medis kepada fasilitas jika diminta.
- g. Operator fasilitas akan menjamin bahwa semua pekerja dilokasi (termasuk jika ada petugas dari luar) disediakan pelayanan proteksi radiology.
- h. Petugas tingkat nasional akan membantu petugas kawasan dan lepas kawasan untuk melakukan pemantauan lanjut dan mengkoordinasikan tindakan penanggulangan jangka panjang

3. Fasilitas Kategori III

- a. Tindakan akan terkonsentrasi pada fasilitas dan segera memutuskan untuk meminta bantuan kepada instansi terkait, pemadam kebakaran, polisi dan bantuan medis serta lainnya yang diperlukan
- b. Operator fasilitas akan segera melakukan tindakan penyelamatan personel keluar dari lokasi kecelakaan.
- c. Segera memberi tahu klasifikasi dan kondisi kecelakaan ke petugas kedaruratan kawasan/daerah dan nasional.
- d. Petugas kawasan/daerah akan menyediakan layanan kepolisian, pemadam kebakaran, bantuan medis, kepada fasilitas jika diminta.
- e. Operator fasilitas akan menjamin bahwa semua pekerja di lokasi (termasuk jika ada petugas dari luar) disediakan proteksi radiasi.
- f. Petugas tingkat nasional akan membantu petugas daerah setempat untuk melakukan pemantauan lanjut dan membantu menentukan rekomendasi penanganan khusus terhadap korban paparan radiasi tinggi.

4. Fasilitas Kategori IV

- a. Jika petugas setempat diberitahukan adanya kecelakaan atau potensi bahaya segera akan melakukan tindakan untuk melokalisir bahan radioaktif dan melindungi masyarakat termasuk tindakan penyelamatan dan memberi bantuan pemadam kebakaran dan polisi tanpa harus menunggu hasil pemantauan radiasi.
- b. Petugas tingkat nasional akan memberi saran melalui sistem komunikasi yang ada ke petugas setempat untuk melakukan tindakan yang diperlukan, juga segera akan mengirim tim kedaruratan nasional kelokasi yang diperlukan.
- c. Untuk bahan radioaktif yang hilang atau dicuri, petugas setempat akan memberikan informasi ke masyarakat dengan uraian sumber dan potensi bahaya yang mungkin terjadi.

5. Fasilitas Kategori V

- 1) Negara dimana kecelakaan nuklir terjadi akan memberitahukan ke negara yang mungkin terkena dampak kontaminasi atau

pemberitahuan akan datang dari *IAEA (International Atomic Energy Agency)*.

- 2) Petugas tingkat nasional akan melakukan pemantauan dan sampling lingkungan untuk menentukan apakah pengawasan terhadap bahan makanan dibutuhkan.
- 3) Batasan ditentukan oleh Badan Pengawas

3.4. **Efek Radiasi Terhadap Manusia**

Sifat dari radiasi yang tidak berbau, tidak berasa, tidak terlihat dan tidak terdengar ini masih merupakan masalah bagi masyarakat yang awam tentang radiasi ini. Radiasi pengion untuk batasan tertentu jika mengenai tubuh manusia dapat membahayakan. Pada efek radiasi dikenal dua istilah yaitu:

1. **Efek Somatik Non–Stokastik:** atau sekarang biasa disebut sebagai efek Deterministik adalah akibat dimana tingkat keparahan akibat dari radiasi tergantung pada dosis radiasi yang diterima dan oleh karena itu diperlukan suatu nilai ambang, dimana di bawah nilai ini tidak terlihat adanya akibat yang merugikan. Secara singkat pengertian dari efek Somatik Non–Stokastik ialah:
 - a. Mempunyai dosis ambang radiasi
 - b. Umumnya timbul tidak begitu lama setelah kena radiasi
 - c. Ada penyembuhan spontan, tergantung kepada tingkat keparahan
 - d. Besarnya dosis radiasi mempengaruhi tingkat keparahan
2. **Efek Somatik Stokastik:** akibat dimana kemungkinan terjadinya efek tersebut merupakan fungsi dari dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dan tanpa suatu nilai ambang, sehingga bagaimanapun kecilnya dosis radiasi yang diteri oleh seseorang, resiko terhadap radiasi selalu ada. Secara singkat pengertian dari efek Somatik Stokastik ialah:
 - a. Tidak ada dosis ambang radiasi
 - b. Timbulnya setelah melalui masa tenang yang lama
 - c. Tidak ada penyembuhan spontan.
 - d. Tingkat keparahan tidak dipengaruhi oleh dosis radiasi.
 - e. Peluang atau kemungkinan terjadinya tergantung pada besarnya dosis radiasi

Akibat dari radiasi pengion yang mengenai sel tubuh manusia dapat berakibat:

- a. Sel tubuh dapat rusak, namun dimungkinkan adanya penyembuhan spontan
- b. Sel tubuh mati, kerusakan jaringan.
- c. Sel tubuh berubah sifat, mutasi atau bersifat ganas (efek genetik)

3.5. **Nilai Batas Dosis (NBD)**

Yang dimaksud dengan nilai batas dosis adalah: dosis terbesar yang diizinkan oleh Bapeten yang dapat diterima oleh pekerja radiasi dan anggota masyarakat dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek genetik dan somatik yang berarti akibat pemanfaatan tenaga nuklir. Nilai batas dosis ini:

- a. Tidak termasuk dosis radiasi yang berasal dari penyinaran alam dan untuk tujuan medik.
- b. Termasuk dosis radiasi externa dan interna.
- c. Tidak tergantung pada tingkat laju dosis.
- d. Tidak tergantung pada jenis radiasi

- e. Tergantung pada jenis efek radiasi dan bagian tubuh atau organ yang ditinjau
- f. Dibedakan antara pekerja radiasi dan masyarakat atau pekerja lain yang bukan pekerja radiasi

Nilai Batas Dosis Di Indonesia ditetapkan berdasarkan PERKA No. 6/2009 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Zat Radioaktif dan Pesawat Sinar-X Untuk Peralatan Gauging dan PERKA 7/2009 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Peralatan Radiografi Industri. Nilai Batas Dosis untuk personil tidak boleh melampaui:

- a. dosis efektif sebesar 20 mSv (duapuluh milisievert) per tahun rata-rata selama 5 (lima) tahun berturut-turut;
- b. dosis efektif sebesar 50 mSv (limapuluh milisievert) dalam (satu) tahun tertentu;
- c. dosis ekuivalen untuk lensa mata sebesar 150 mSv (seratus limapuluh milisievert) dalam 1 (satu) tahun; dan
- d. dosis ekuivalen untuk tangan dan kaki, atau kulit sebesar 500 mSv (lima ratus milisievert) dalam 1 (satu) tahun.

Nilai Batas Dosis ini diukur dengan menggunakan alat ukur radiasi. Alat ukur radiasi ini hanya dimiliki oleh Bapeten, Batan dan beberapa instansi/perusahaan yang berhubungan dengan radiasi/zat radioaktif. Alat ukur radiasi atau dikenal dengan detektor nuklir untuk pengukuran radiasi yaitu:

- 1. Detektor alpha : berfungsi mengukur radiasi alpha
- 2. Detektor beta : berfungsi mengukur radiasi beta
- 3. Detektor gamma : berfungsi mengukur radiasi gamma
- 4. Detektor netron : berfungsi mengukur radiasi netron

BAB IV. INFRASTRUKTUR PKD

4.1. Organisasi Penanggulangan Keadaan Darurat

Bagian ini harus merinci dan menjelaskan tentang: struktur dan diagram organisasi; wewenang dan tanggung jawab tiap unsur organisasi; tugas dan tanggung jawab personil pada tiap posisi; hubungan dan kerjasama dengan organisasi terkait lain; konsep operasi dan koordinasi dengan program kedaruratan organisasi lain. Struktur organisasi penanggulangan keadaan darurat secara garis besar dalam setiap tingkatan kewilayahan baik ditingkat fasilitas atau kawasan/daerah sekurang-kurangnya ditunjuk 4 (empat) penanggung jawab sesuai dengan tugas dan kewajiban masing-masing sebagai berikut:

1. Ketua Penanggulangan Kedaruratan Nuklir

Ketua Penanggulangan Kedaruratan Nuklir adalah seseorang yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan penanggulangan keadaan darurat secara keseluruhan. Ketua Penanggulangan Kedaruratan Nuklir ini biasanya dilaksanakan oleh pengusaha instalasi atau koordinator kawasan atau pimpinan daerah setempat, dengan tugas:

- a. melaporkan terjadinya kejadian abnormal dan atau kecelakaan dan upaya penanggulangannya kepada BAPETEN;
- b. mengatur prioritas dan proteksi terhadap masyarakat dan pekerja kedaruratan;
- c. menjamin semua pelaksanaan penanggulangan sesuai dengan prosedur, dan menjamin komunikasi dengan petugas lapangan berjalan dengan optimal;
- d. memberikan informasi kepada media massa (Ketua Penanggulangan Kedaruratan Nuklir dapat menunjuk seseorang sebagai juru bicara resmi); dan
- e. bekerja sama dengan pengendali operasi dalam operasional penanggulangan.

2. Pengendali Operasi

Pengendali operasi adalah seseorang yang menerima pelaporan adanya kecelakaan, dan segera melakukan tindak penanggulangan. Pengendali operasi ini biasanya dilaksanakan oleh Petugas Proteksi Radiasi (PPR) atau petugas yang ditunjuk, dengan tugas :

- a. mengumpulkan informasi awal perihal kecelakaan yang terjadi;
- b. memberikan saran awal terhadap pelapor dan melaporkannya kepada Ketua Penanggulangan Kedaruratan Nuklir;
- c. manajemen taktis dari tindak penanggulangan keadaan darurat di lapangan;
- d. bertanggung jawab kepada Ketua Penanggulangan Kedaruratan Nuklir perihal pelaksanaan langkah mitigasi, koordinasi satuan pelaksana di lapangan, pemulihan awal, operasi pembersihan, proteksi pekerja kedaruratan dan langkah-langkah perlindungan; dan
- e. memberikan masukan dan rekomendasi bagaimana cara terbaik dalam penanganan dan manajemen kedaruratan kepada Ketua Penanggulangan Kedaruratan Nuklir.

3. **Pelaksana Operasi**

Pelaksana operasi adalah seseorang atau tim yang pertama kali datang di lokasi kecelakaan dengan tugas penanggulangan kedaruratan. Pelaksana operasi terdiri atas para pekerja radiasi dan satuan tugas pelaksana lain dengan keahlian penanggulangan kedaruratan, misalnya tim pemadam kebakaran, tim medis, tim pengamanan, dan sebagainya. Pelaksana operasi bertugas sebagai satuan pelaksana penanggulangan terhadap segala aspek kedaruratan di lapangan, yang dalam pelaksanaan tugasnya diawasi dan dikoordinasikan oleh Pengendali operasi.

4. **Penganalisis Radiologi**

Penganalisis radiologi adalah pimpinan tim radiologi yang berada di lokasi kecelakaan yang berkewajiban meneliti bahaya radiologi, menyediakan proteksi radiasi bagi pelaksana operasi dan memberikan rekomendasi tindakan perlindungan kepada pengendali operasi. Penganalisis radiologi dilaksanakan oleh PPR senior, dengan tugas:

- a. bertanggung jawab untuk pelaksanaan survei lapangan di lokasi kecelakaan, kontrol kontaminasi, dukungan proteksi radiasi bagi pekerja kedaruratan;
- b. merumuskan rekomendasi langkah-langkah perlindungan;
- c. melaksanakan koordinasi penanganan penemuan kembali (*recovery*) sumber, operasi pembersihan dan dekontaminasi;
- d. melakukan estimasi dan pencatatan dosis yang diterima oleh masyarakat dan atau pekerja kedaruratan; dan
- e. memperkirakan besarnya kerugian nuklir yang ditimbulkan.

4.2. **Koordinasi**

Bagian ini harus merinci dan menjelaskan tentang :

1. sistem hubungan antar organisasi yang terkait dalam fungsi penanggulangan;
2. prosedur koordinasi dengan organisasi terkait lain (contoh : pemberitahuan dan permintaan bantuan); dan
3. perjanjian atau dokumen tertulis dengan organisasi atau pihak-pihak terkait lain untuk melaksanakan tindakan penanggulangan.

4.3. **Prosedur Penanggulangan**

Prosedur penanggulangan terhadap kecelakaan harus disusun berdasarkan uraian potensi bahaya radiasi dengan dilengkapi prosedur/juklak/juknis tentang :

1. deteksi awal;
2. pelaporan;
3. tindakan penanggulangan;
4. survei radiasi dan monitoring;
5. pemadam kebakaran;
6. pertolongan pertama dan penyelamatan korban;
7. proteksi dan evakuasi masyarakat (untuk program RPKD kategori I dan II);
8. proteksi pekerja kedaruratan;
9. dekontaminasi korban dan peralatan;
10. pembersihan limbah dan penemuan kembali (*recovery*) sumber;
11. penetapan dalam keadaan darurat dan penetapan keadaan darurat telah berakhir; dan

12. evaluasi dan analisis penyebab kecelakaan.

4.4. Fasilitas, Peralatan dan Sarana Pendukung

Pengusaha instalasi harus menyediakan dan mengidentifikasi fasilitas, peralatan dan sarana pendukung yang diperlukan untuk program RPKD dan memberikan jaminan bahwa peralatan tersebut selalu siap dipergunakan sewaktu-waktu. Fasilitas, peralatan dan sarana pendukung yang harus dimiliki tersebut sekurang-kurangnya adalah:

1. sistem deteksi dini dan alarm;
2. peralatan monitoring dan survei;
3. peralatan dekontaminasi;
4. peralatan medis kedaruratan;
5. peralatan pemadam kebakaran;
6. peralatan proteksi pekerja kedaruratan dan pekerja;
7. peralatan komunikasi;
8. peralatan proteksi untuk anggota masyarakat dan persediaan tablet yodium (*thyroid agent blocking*) untuk program RPKD kategori I dan II;
9. prasarana evakuasi (untuk program RPKD kategori I dan II);
10. pos koordinasi penanggulangan keadaan darurat;
11. tempat evakuasi (untuk program RPKD kategori I dan II); dan
12. fasilitas analisis sampel (untuk program RPKD kategori I dan II).

4.5. Program Pelatihan dan Uji Coba

Pengusaha instalasi harus menyusun dan melaksanakan Program Pelatihan dan Uji Coba Penanggulangan Keadaan Darurat secara komprehensif dan teratur minimal satu tahun sekali dan mengembangkan sistem tes dan evaluasi untuk menjamin kesiagaan personil, peralatan dan tim secara keseluruhan. Rencana, pelaksanaan dan hasil program pelatihan dan uji coba harus disampaikan kepada BAPETEN.

1. Fungsi Penanggulangan

Bagian ini harus menunjukkan bahwa fungsi penanggulangan yang akan dilaksanakan telah dijamin dan sesuai dengan kecukupan infrastruktur dan prosedur keadaan darurat yang telah disusun. Fungsi penanggulangan ini minimal harus berisi tindakan khusus atau tertentu yang dilakukan untuk meringankan akibat kecelakaan sesuai dengan klasifikasi keadaan darurat. Tindakan tersebut adalah:

a. Identifikasi Kecelakaan Awal

Bagian ini harus menyebutkan kemampuan untuk dapat segera mengidentifikasi sebuah kecelakaan awal dan memulai tindakan yang terkoordinasi, meliputi pendeteksian kecelakaan, pengklasifikasian tingkat kecelakaan dan identifikasi peralatan yang digunakan.

b. Pemberitahuan dan Pengaktifan

Bagian ini harus menyebutkan pelaksanaan pemberitahuan, pelaporan awal, pengaktifan satuan pelaksana, dan langkah koordinasi harus dapat menginformasikan dengan segera, efektif, aktif dan terkoordinasi diantara kelompok dan instansi yang terkait dalam melaksanakan tugas penanggulangan keadaan darurat

c. Tindakan Penanggulangan

Bagian ini harus menyebutkan identifikasi dampak dan potensi kecelakaan, operasional penanggulangan, langkah evakuasi,

dekontaminasi dan pertolongan medis, survei, monitoring dan pengawasan harus mampu memberikan tindakan segera yang tepat serta tindak lanjut untuk mengurangi eskalasi dan resiko kecelakaan.

d. **Perlindungan Terhadap Pekerja Kedaruratan Dan Masyarakat**

Bagian ini harus menunjukkan kemampuan untuk menjamin keselamatan masyarakat dan pekerja kedaruratan pada fasilitas, kawasan dan lepas kawasan selama melaksanakan tugasnya. Dosis kumulatif mereka dipantau sesuai dengan nilai batas yang dikeluarkan oleh BAPETEN dan harus dinyatakan langkah tindak lanjut bagi pekerja yang terkena paparan berlebih.

e. **Informasi dan Instruksi Kepada Masyarakat**

Bagian ini harus mampu memberikan informasi yang tepat dan efisien kepada masyarakat sekitar.

BAB V. RENCANA PENANGGULANGAN KEADAAN DARURAT (PERKA BAPETEN No.: 01/2010)

Penanggulangan kedaruratan nuklir adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan dengan segera pada saat terjadi kedaruratan nuklir untuk mengurangi dampak serius yang ditimbulkan terhadap manusia, harta benda atau lingkungan hidup.

Dalam pengertian penanggulangan itu meliputi kegiatan :

1. Pencegahan (*prevention*)
2. Penjinakan (*mitigation*)
3. Penyelamatan (*rescue*)
4. Rehabilitasi (*rehabilitation*)
5. Rekonstruksi (*reconstruction*)

Dalam melaksanakan kajian potensi bahaya radiologi, pemegang izin harus mempertimbangkan paling sedikit:

1. kondisi di dalam dan/atau di luar tapak yang dapat berdampak terhadap pelaksanaan penanggulangan kedaruratan nuklir, yang meliputi:
 - a. demografi penduduk;
 - b. data meteorologi tapak; dan
 - c. tata guna lahan dan tata ruang;
2. jenis kejadian kedaruratan yang diperkirakan timbul pada fasilitas atau instalasi;
3. bahaya lain yang bersifat nonradiologi yang terkandung, meliputi paling kurang sifat mudah meledak, sifat mudah terbakar, dan sifat beracun; dan
4. mekanisme penanggulangan kedaruratan nuklir.

Menurut *International Basic Safety Standards*, yang dimaksud dengan kecelakaan adalah setiap kejadian yang tidak dikehendaki termasuk kesalahan operasi, kegagalan peralatan atau kesalahan-kesalahan lain, yang mempunyai akibat atau berpotensi menimbulkan akibat yang tidak dapat diabaikan dari segi proteksi atau Keselamatan.

Kecelakaan radiasi didefinisikan sebagai kejadian tak terduga yang meliputi pemaparan berlebih atau kontaminasi pada seseorang dan atau lingkungan dengan bahan radioaktif. Sedangkan menurut PERKA 6/2009 dan PERKA 7/2009 maka yang dimaksud dengan Kecelakaan Radiasi adalah kejadian yang tidak direncanakan termasuk kesalahan operasi, kegagalan fungsi alat atau kejadian lain yang menjurus timbulnya dampak radiasi, kondisi paparan radiasi dan atau kontaminasi yang melampaui batas Keselamatan

5.1. Pembagian Wilayah dan Zona

1. Wilayah Kawasan Tempat Kejadian (*On-Site Area*)

Ini adalah wilayah di sekitar fasilitas yang masih berada di dalam pagar keamanan atau pagar lain yang menandai bahwa di dalamnya adalah kawasan fasilitas. Bisa juga berupa daerah pengendalian di sekitar sumber radiografi atau wilayah terkontaminasi. Pokoknya adalah wilayah yang langsung berada di bawah kontrol penguasa fasilitas atau operator alat.

2. Wilayah Lepas-Kawasan (*Off-Site Area*)

Ini meliputi semua wilayah di luar Kawasan Tempat Kejadian. Di wilayah ini dikenal keberadaan dua zona, yaitu:

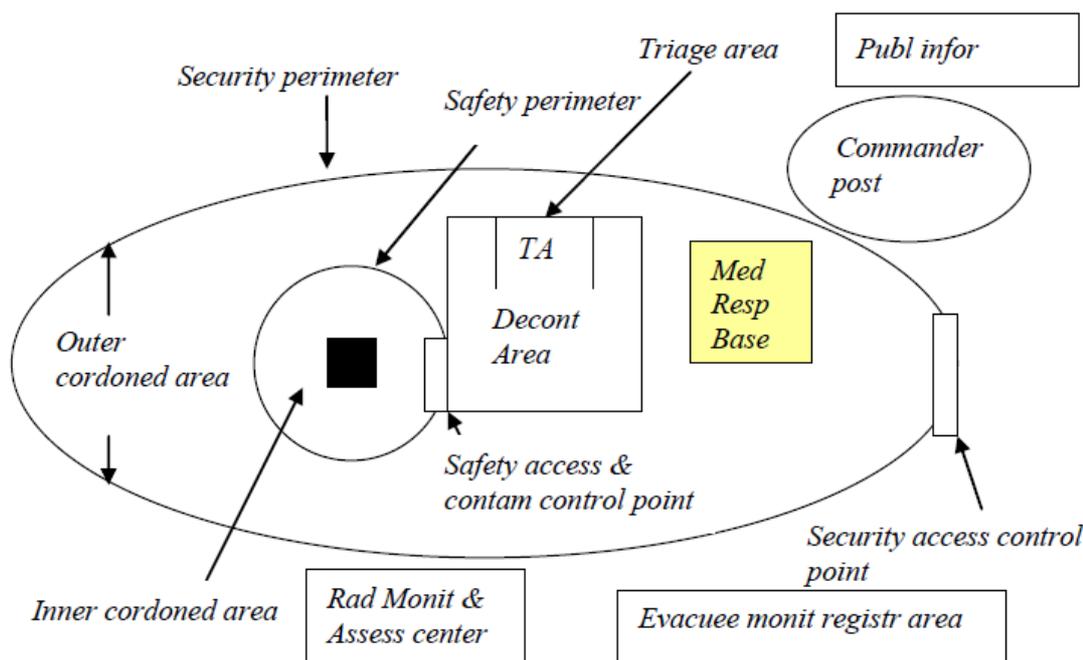
- a. *Precautionary Action Zone* (PAZ):

Ini adalah zona yang telah ditentukan di sekitar fasilitas bila ada ancaman kategori I. Bila keadaan darurat diumumkan maka tindakan protektif yang telah direncanakan untuk zona ini segera dilaksanakan. Tujuannya adalah untuk menghasilkan pengurangan yang besar pada risiko efek kesehatan *deterministic* parah dengan cara melaksanakan tindakan protektif di dalam zona ini sebelum atau segera sesudah kejadian darurat.

b. *Urgent Protective Action Planning Zone (UPZ):*

Ini adalah zona yang telah ditentukan di sekitar fasilitas bila ada ancaman kategori I atau II. Di zona ini dilakukan persiapan untuk kemudian segera dilaksanakan tindakan protektif mendesak berdasarkan data yang berasal dari pemantauan lingkungan dan penilaian keadaan fasilitas, yang bertujuan menghindari dosis yang tercantum dalam standar nasional.

c. *Longer term Protective Action Planning Zone (LPZ):*



Penanggulangan kedaruratan nuklir adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan dengan segera pada saat terjadi kedaruratan nuklir untuk mengurangi dampak serius yang ditimbulkan terhadap manusia, harta benda atau lingkungan hidup.

Tindakan perlindungan segera adalah tindakan yang harus dilakukan dengan segera untuk menghindari atau mengurangi dosis pada masyarakat pada kedaruratan nuklir agar memberikan hasil yang efektif.

Tindakan mitigasi adalah tindakan untuk membatasi dan mengurangi paparan radiasi jika terjadi peristiwa yang dapat menyebabkan atau meningkatkan paparan radiasi.

Petugas penanggulangan kedaruratan nuklir, yang selanjutnya disebut petugas penanggulangan, adalah petugas yang bertugas melakukan upaya penanggulangan keadaan darurat nuklir di dalam tapak, zona tindakan pencegahan, atau zona perencanaan untuk tindakan perlindungan segera.

Perespons awal (*first responders*) adalah petugas penanggulangan yang bukan berasal dari fasilitas radiasi atau instalasi nuklir, yang datang pertama kali ke tempat terjadinya kedaruratan nuklir untuk melakukan penanggulangan.

Marshall yard adalah tempat berkumpulnya sumber daya pendukung selama proses penanggulangan kedaruratan nuklir dan tempat penampungan sumber daya pendukung yang sudah tidak dapat difungsikan.

Triage adalah tempat berkumpulnya korban untuk pemeriksaan dan pengelompokan berdasarkan tingkat keparahan kondisi korban untuk tujuan penanganan medis segera dan lebih lanjut.

5.2. Jenis Kecelakaan

Suatu kecelakaan dinamakan kecelakaan nuklir bila melibatkan fasilitas nuklir terutama reaktor. Kecelakaan radiologik melibatkan sumber radiasi (termasuk zat radioaktif). Kecelakaan radiasi adalah kejadian yang tidak direncanakan, termasuk kesalahan operasi, kerusakan atau kegagalan fungsi alat, atau kejadian lain yang menjurus pada timbulnya dampak radiasi, kondisi-kondisi paparan radiasi dan/atau kontaminasi yang melampaui batas sebagaimana ditetapkan dalam ketentuan peraturan perundang-undangan.

Beberapa keadaan berpotensi menimbulkan kecelakaan, seperti:

- (a) Sumber radiasi berupa zat radioaktif kemungkinan kelupaan letaknya, hilang atau dicuri. Misalnya sumber radiasi gamma untuk radiografi industri kedapatan hilang. Masalahnya adalah si penemu kontener berisi sumber radiasi tersebut dapat memutuskan untuk membuka kontener sehingga dia atau mungkin juga orang lain dapat terpapar oleh radiasi dari zat radioaktif yang tak berperisai.
- (b) Sumber radiasi radioaktif menjadi tak berperisai karena kegagalan memasukkan kembali sumber ke dalam kontennya sehabis digunakan untuk keperluan rutin.
- (c) Zat radioaktif sumber terbuka bisa terdispersi. Contoh, sebuah vial berisi larutan radioaktif dapat mengalami kebocoran selama penyimpanan, atau terjatuh dan pecah selama dibawa dari tempat penyimpanan ke tempat lain.

Perlu diketahui bahwa jalur pemaparan terpenting pada tahap awal kecelakaan adalah:

- pemaparan langsung dari sumber radiasi atau fasilitas atau dari bahan radioaktif yang terbebas/terlepas
- terhisapnya material di udara (uap, aerosol, debu)
- pemaparan langsung dari material yang mengendap di tanah atau permukaan
- kontaminasi pada kulit atau pakaian

Dari berbagai kemungkinan jalur pemaparan tersebut ternyata yang memberikan kontribusi terbesar pada penerimaan dosis radiasi adalah jalur pemaparan langsung, dengan pengecualian pada kecelakaan nuklir maka dosis radiasi pada penduduk sebagian terbesar berasal dari lepasan zat radioaktif ke udara dengan radioiodine sebagai radionuklida utama.

Tabel 1. Sumber radiasi yang lazim digunakan, fasilitas, kegiatan dan modus pemaparan.

GRUP	SUMBER, KEGIATAN, FASILITAS	PL	K	C
I	Perangkat Kritis, Reaktor, Fabrikasi Bahan Bakar Nuklir, Produksi Radiofarmaka, Instalasi Daur Ulang Nuklir	+	+	+
II	Akselerator partikel, generator sinar-X	+	-	-
III	Sumber terbungkus (utuh), Sumber terbungkus (bocor)	+/+	-/+	-/+
IV	Lab Kedokteran Nuklir, Lab in-vitro (RIA, IRMA, dsb)	+	+	+
V	Transportasi sumber radiasi	+	+	+
VI	Limbah radioaktif	+	+	+

Keterangan:

PL = Paparan Luar ; K = Kontaminasi ; C = Campuran

5.3. Prosedur Intervensi Dalam Keadaan Darurat

1. Langkah-langkah intervensi

- a. Penanggulangan kedaruratan nuklir dilaksanakan untuk tujuan:
 - 1) mengendalikan situasi;
 - 2) mencegah atau memitigasi konsekuensi di tempat atau sumber kejadian;
 - 3) mencegah terjadinya efek deterministik terhadap kesehatan pekerja dan masyarakat;
 - 4) melakukan pertolongan pertama dan mengelola penanganan korban luka radiasi;
 - 5) mencegah terjadinya efek stokastik pada populasi;
 - 6) mencegah terjadinya efek nonradiologi pada individu dan populasi; dan
 - 7) melindungi harta benda dan lingkungan.
- b. Pemegang izin wajib melaksanakan penanggulangan saat terjadi kedaruratan nuklir secepatnya untuk mencapai tujuan penanggulangan sebagaimana tersebut di atas.
- c. Pemegang izin wajib melaporkan kepada Kepala BAPETEN apabila terjadi kedaruratan nuklir.
 - 1) Laporan paling lama 1 (satu) jam melalui telepon, faksimili, atau surat elektronik, dan secara tertulis paling lama 2 (dua) hari setelah terjadi kecelakaan.
 - 2) Laporan tertulis menggunakan formulir pelaporan sesuai PERKA 01/2010.
- d. Intervensi diterapkan dalam situasi meliputi:
 - 1) paparan kronik meliputi:
 - paparan yang berasal dari NORM;
 - paparan yang berasal TENORM;
 - paparan yang berasal dari sisa zat radioaktif pada kejadian masa lampau; dan
 - paparan yang berasal dari Sumber yang tidak diketahui pemiliknya.

- 2) Paparan Darurat. Situasi Paparan Darurat hanya meliputi kondisi kecelakaan.
- e. Intervensi terhadap situasi paparan kronik dilaksanakan melalui tindakan remedial.
- f. Intervensi terhadap situasi Paparan Darurat dilaksanakan melalui tindakan protektif dan remedial.

2. Pelaksanaan Intervensi

- a. Setiap orang atau badan yang karena kegiatannya dapat menghasilkan mineral ikutan berupa TENORM harus melaksanakan intervensi terhadap terjadinya paparan yang berasal dari TENORM melalui tindakan remedial.
- b. Pelaksanaan intervensi dilaporkan pada BAPETEN.
- c. BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi.
- d. BAPETEN wajib melaksanakan intervensi terhadap paparan kronik kecuali TENORM melalui tindakan remedial.
- e. Pelaksanaan intervensi hanya diberlakukan untuk TENORM dan NORM dengan konsentrasi radioaktif melebihi Tingkat Intervensi.
- f. Pemegang Izin wajib melaksanakan intervensi terhadap terjadinya Paparan Darurat yang berasal dari fasilitas atau instalasi yang menjadi tanggung jawabnya melalui tindakan protektif dan remedial berdasarkan Rencana Penanggulangan Keadaan Darurat.
- g. Rencana Penanggulangan Keadaan Darurat wajib disusun oleh Pemegang Izin sesuai dengan potensi bahaya Radiasi yang terkandung dalam Sumber dan dampak kecelakaan yang ditimbulkan.
- h. Dampak kecelakaan meliputi dampak:
 - 1) di dalam tapak; dan/atau
 - 2) di luar tapak.
- i. Pemegang Izin wajib melaksanakan penanggulangan terhadap keadaan darurat yang dampaknya di dalam tapak.
- j. Dalam hal terjadi keadaan darurat yang dampaknya meluas hingga keluar tapak, Pemegang Izin wajib melapor pada BAPETEN.
- k. BAPETEN menindaklanjuti laporandengan berkoordinasi dengan instansi yang berwenang.

BAB VI. PENANGGULANGAN KEADAAN DARURAT (KEJADIAN ABNORMAL)

Rencana Penanggulangan Keadaan Darurat (PKD) mempunyai ruang lingkup sebagai berikut:

1. Rencana Penanggulangan Keadaan Darurat paling sedikit memuat tentang:
 - a. fungsi penanggulangan; dan
 - b. infrastruktur.
2. Fungsi penanggulangan paling sedikit terdiri dari:
 - a. identifikasi, pelaporan, dan pengaktifan;
 - b. tindakan mitigasi;
 - c. tindakan perlindungan segera;
 - d. tindakan perlindungan untuk pekerja radiasi dan masyarakat; dan/atau
 - e. informasi dan instruksi pada masyarakat.
3. Infrastruktur paling sedikit meliputi:
 - a. organisasi;
 - b. koordinasi;
 - c. fasilitas dan peralatan;
 - d. prosedur penanggulangan; dan/atau
 - e. program pelatihan.

6.1. Keadaan Darurat/Potensi Kejadian Abnormal

Tindakan pertama apabila terjadi kecelakaan adalah mengevakuasi dan mengisolasi tempat kejadian untuk menghindari adanya penerimaan dosis berlebih dan mempersiapkan rencana penanggulangannya. Kemudian meninjau kemungkinan-kemungkinan yang terjadi serta mencatat semua kejadian kecelakaan untuk dilaporkan ke BAPETEN oleh Petugas Proteksi Radiasi serta diketahui oleh Pemegang Izin.

Jenis / klasifikasi kecelakaan yang mungkin terjadi

Kecelakaan yang mungkin terjadi masuk dalam klasifikasi kecil sampai sedang, kemungkinan kecelakaan yang terjadi adalah :

1. Kegagalan Prosedur
 - prosedur tidak tetap
 - prosedur kurang lengkapUpaya penanggulangan dilakukan evaluasi terhadap prosedur yang ada dan melengkapinya.
2. Kegagalan Pekerja Radiasi
 - Kesalahan Operator
 - tidak melakukan survey radiasi
 - tidak mengikuti prosedur
 - tidak menggunakan perlengkapan proteksi radiasi
 - kesalahan manusiawi
 - kesalahan menghitung paparanUpaya penanggulangan dengan peringatan atau skorsing terhadap operator, melakukan pertukaran petugas, mengadakan penyegaran proteksi radiasi.
3. Kerusakan Perlengkapan
 - kerusakan pada alat pengendali tersebut.
 - kerusakan pada alat bahan pelindung.

4. Jika terjadi kebakaran
Dalam hal kebakaran, lokasi/tempat dimana terdapat sumber radiasi harus mendapatkan perhatian utama dan keselamatan manusia diutamakan. Keadaan ini mungkin akan terjadi, untuk itu perlu dibuatkan langkah-langkah pengamanan seperti hal diatas. Selain itu perlu dilakukan kerja sama dengan instansi yang terkait misalnya unit pemadam kebakaran dan kepolisian atau aparat setempat.
Hal yang perlu diperhatikan ialah perlunya diterangkan adanya bahaya radiasi yang timbul dalam kebakaran tersebut, dengan demikian petugas unit kebakaran dan kepolisian serta aparat setempat wajib mematuhi peraturan dan ketentuan yang digariskan oleh Petugas Proteksi Radiasi.
Dalam hal terjadi kebakaran, Petugas Pemadam kebakaran harus lebih mengutamakan penanganan terhadap sumber radiasi dan tempat dimana sumber radiasi berada. Dalam kondisi ini sumber radiasi harus berada pada tempatnya. Petugas Proteksi Radiasi mengkoordinasikan penanganan kebakaran tersebut. Dalam hal penanganan kebakaran, keselamatan manusia harus mendapat prioritas utama.
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan keadaan darurat akibat kebakaran :
 - a. Petugas unit pemadam kebakaran dan kepolisian serta aparat terkait harus menggunakan pocket dosimeter/TLD-Badge;
 - b. Petugas unit pemadaman kebakaran dan kepolisian serta aparat terkait wajib mematuhi segala petunjuk yang diberikan oleh Petugas Proteksi Radiasi;
 - c. Jika diperlukan dilakukan penggiliran petugas.
 - d. Setiap terjadi kecelakaan harus dilaporkan kepada Petugas Proteksi Radiasi dan selanjutnya Petugas Proteksi Radiasi membuat berita acara kecelakaan kepada Pemegang Izin untuk kemudian dilaporkan dan diserahkan kepada BAPETEN.
5. Jika terjadi bencana alam
Jika terjadi bencana alam seperti gempa bumi atau banjir, yang paling utama adalah melakukan tindakan pengamanan terhadap sumber radiasi. Sumber radiasi segera dicopot dan dimasukkan ke kontener pengangkutan untuk selanjutnya dikunci dan diamankan ditempat yang betul-betul aman dari pekerja dan masyarakat disekitarnya, jika perlu disimpan dalam tempat khusus.

6.2. Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat (PERKA 01/2010)

1. Organisasi PKD

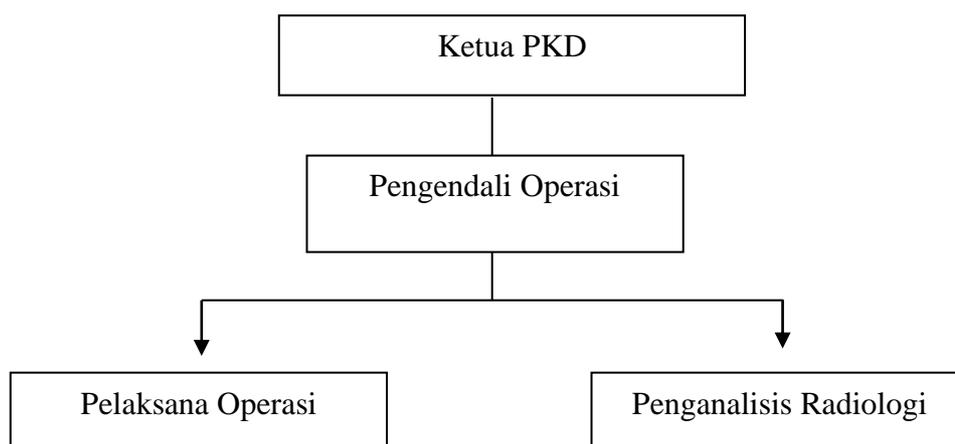
a. Pekerja Radiasi (Perawatan dan Operator)

- Identifikasi situasi tidak normal yang terjadi
- Hentikan semua kegiatan pengelolaan limbah dengan mematikan semua peralatan yang digunakan
- Lakukan survey radiasi untuk memastikan tingkat paparan radiasi
- Jangan pindahkan zat radioaktif dan/atau sumber radiasi lainnya hingga direkam.
- Lakukan isolasi daerah terjadinya keadaan darurat.
- Beritahu Ketua Tim K-3 tentang apa yang terjadi

- b. **Tim K-3**
 - Bila ada korban maka Ketua Tim K-3 memberitahu Tim Medis, sedangkan bila ada kecelakaan radiasi maka Ketua Tim K-3 memberitahu Tim OPR
 - Ketua Tim K-3 memberitahukan kejadian kecelakaan tersebut kepada Tim Pengamanan
 - Bila ada kebakaran maka Ketua Tim K-3 memberitahu Tim Pemadam Kebakaran
 - Ketua Tim K-3 melaporkan keadaan darurat/kejadian kecelakaan kepada Ka. PATIR PATIR
- c. **Ka. PATIR PATIR**
 - Ka. PATIR PATIR memerintahkan Ketua Tim K-3, dan atau ketua Tim OPR untuk mengambil langkah penanggulangan keadaan darurat.
 - Setelah penanggulangan keadaan darurat selesai maka Ka. PATIR PATIR membuat berita acara sebagai laporan Badan Yang Berwenang (BAPETEN dan Kepolisian)
- d. **Tim Organisasi Proteksi Radiasi (OPR)**
 - Lakukan survey radiasi
 - Amankan zat radioaktif dan/atau sumber radiasi lainnya
 - Lakukan rekonstruksi kecelakaan dan memperkirakan dosis yang diterima
 - Kirim dosimeter personal untuk pengkajian paparan
- e. **Tim Medis**
 - Melakukan pertolongan pertama pada kecelakaan dan membawa korban ke poliklinik dan atau ke Rumah Sakit
- f. **Tim Pengamanan**
 - Melakukan pengamanan di tempat kejadian perkara
- g. **Tim Pemadam Kebakaran**
 - Memadamkan api akibat kecelakaan dengan menggunakan APAR

6.3. Organisasi dan Personil Penanggulangan Keadaan Darurat (PKD)

Struktur organisasi penanggulangan keadaan darurat adalah sebagai berikut :



- **Ketua PKD** adalah seseorang yang bertanggungjawab dalam penanggulangan secara keseluruhan. Ketua PKD di PATIR adalah Ka. PATIR.

- **Pengendali Operasi** adalah seseorang yang menerima pelaporan adanya kecelakaan, dan segera melakukan tindakan penanggulangan. Pengendali operasi di PATIR adalah ketua Tim K-3.
- **Pelaksana Operasi** adalah seseorang atau tim yang pertama kali datang di lokasi kecelakaan dengan tugas penanggulangan kedaruratan. Pelaksana operasi di PATIR terdiri atas pekerja radiasi dan satuan tugas pelaksana lain dengan keahlian penanggulangan kedaruratan, misalnya Tim K-3, Tim OPR, Tim Medis, Tim Pemadam Kebakaran dan Tim Pengamanan.
 - **Tim Kesehatan dan Keselamatan Kerja (Tim K-3)** adalah suatu tim yang dibentuk untuk melaksanakan tugas pelaksanaan dan penyebarluasan program kesehatan kerja di lingkungan unit kerja.
 - **Tim Organisasi Proteksi Radiasi (OPR)** adalah suatu organisasi yang dibentuk sesuai dengan ketentuan Bapeten bagi instansi yang memiliki fasilitas pemanfaatan sumber radiasi yang terdiri dari Pemegang Izin (PI), Petugas Proteksi Radiasi (PPR) dan Pekerja Radiasi (PR) yang mempunyai tugas memperhatikan keselamatan radiasi
 - **Tim Pengamanan** adalah tim yang bertugas untuk mengamankan orang dan kendaraan serta mengatur lalu lintas kendaraan di PATIR
 - **Tim Pemadam Kebakaran** adalah tim yang bertugas untuk memadamkan api akibat kecelakaan dengan menggunakan APAR
 - **Tim Medis/Kesehatan** adalah tim yang bertugas menangani orang yang mengalami keadaan darurat/kecelakaan. Dalam melaksanakan tugasnya tim melakukan koordinasi dengan poliklinik PATIR dan jika perlu melakukan pengiriman korban dan atau minta bantuan ke Rumah Sakit.
- **Penganalisis Radiologi** adalah pimpinan tim radiologi yang berada di lokasi kecelakaan yang berkewajiban meneliti bahaya radiologi, menyediakan peralatan dan informasi data proteksi radiasi bagi pelaksana operasi, memberikan rekomendasi tindakan perlindungan kepada pengendali operasi. Penganalisis radiologi di PATIR adalah ketua tim OPR.

6.4. Dosis Panduan Bagi Petugas Penanggulangan

DOSIS PANDUAN BAGI PETUGAS PENANGGULANGAN

Tugas	Level (mSv)
Tindakan penyelamatan jiwa, seperti: <ol style="list-style-type: none"> 1. pertolongan terhadap ancaman hidup; dan 2. pencegahan atau mitigasi terhadap kondisi yang menyebabkan kedaruratan umum di instalasi atau fasilitas dengan kategori bahaya radiologi I. 	>500
Tindakan penyelamatan jiwa yang potensial, seperti: <ol style="list-style-type: none"> 1. Penerapan tindakan perlindungan segera pada tapak untuk instalasi atau fasilitas dengan kategori bahaya radiologi I, II atau 	500

III; 2. pencegahan atau mitigasi terhadap kondisi yang membahayakan jiwa (contoh: kebakaran); 3. pemantauan lingkungan di tempat umum di dalam zona kedaruratan nuklir untuk mengidentifikasi kebutuhan tindakan perlindungan segera; dan 4. pelaksanaan tindakan perlindungan segera di luar tapak untuk instalasi atau fasilitas dengan kategori bahaya radiologi I atau II.	
Tindakan untuk mencegah pengembangan kondisi katastropik, seperti: pencegahan atau mitigasi kondisi sehingga menghasilkan klas waspada atau klas yang lebih tinggi untuk fasilitas atau instalasi dengan kategori fasilitas II atau III; atau klas waspada atau klas kedaruratan area tapak untuk fasilitas atau instalasi dengan kategori bahaya radiologi I.	100
Tindakan untuk mencegah luka yang serius, seperti: 1. pertolongan terhadap ancaman yang potensial atau luka yang serius; 2. perawatan dengan segera terhadap luka yang serius; dan 3. dekontaminasi manusia.	50
Tindakan untuk menghindari dosis kolektif yang besar, seperti: 1. pemantauan lingkungan di tempat umum untuk mengidentifikasi kebutuhan tindakan perlindungan atau pembatasan makanan; dan 2. pelaksanaan tindakan perlindungan dan pembatasan makanan di luar tapak.	
Intervensi tahapan kedaruratan lainnya, seperti: 1. perawatan jangka panjang bagi orang-orang yang terpapar radiasi atau terkontaminasi; 2. pengumpulan dan analisis cuplikan; 3. operasi pemulihan jangka pendek; 4. dekontaminasi lokal; dan 5. pemberian informasi kepada masyarakat.	50
Operasi pemulihan, seperti: 1. perbaikan fasilitas yang tidak terkait dengan keselamatan; 2. dekontaminasi skala besar; 3. penempatan limbah (<i>waste disposal</i>); dan 4. penanganan medis jangka panjang.	nilai batas dosis

6.5. Peralatan dan Pemeliharaan Peralatan Penanggulangan Keadaan Darurat

Pemegang izin harus mengidentifikasi dan menyediakan fasilitas, peralatan dan sarana pendukung yang diperlukan untuk penanggulangan dan menjamin bahwa peralatan tersebut selalu siap dipergunakan sewaktu-waktu. Fasilitas, peralatan dan sarana pendukung meliputi:

- Sistem deteksi dini dan alarm;
- Peralatan monitoring dan survei;
- Peralatan medis kedaruratan;
- Peralatan proteksi pekerja kedaruratan dan pekerja;
- Peralatan komunikasi;
- Pos koordinasi.

6.6. Mekanisme dan Jangka Waktu Pelaporan

1. Pihak-pihak Terkait

Jalur pelaporan dan komunikasi antar unsur organisasi ditetapkan supaya penanggulangan bisa berjalan dengan efektif, yang meliputi :

- Sistem hubungan antar organisasi yang terkait dalam fungsi penanggulangan;
- Prosedur koordinasi dengan organisasi terkait lain;
- Perjanjian atau dokumen tertulis dengan organisasi atau pihak-pihak terkait lain untuk melaksanakan tindakan penanggulangan.

Sistem komunikasi dengan pihak lain yang terkait dalam Penanggulangan Keadaan Darurat harus dikoordinasikan dengan sistem perjanjian kerja sama yang tertulis dan selalu diperbaharui setiap tahu/setiap dua tahun. Pihak-pihak yang terkait yang dimaksud antara lain : Kepolisian, Pemadam Kebakaran, Rumah Sakit, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Badan Pengawas Tenaga Nuklir.

CATATAN :

Setiap terjadi kecelakaan radiasi, wajib segera dilaporkan secara lisan ke Petugas Proteksi Radiasi untuk selanjutnya dilaporkan ke Pemegang Izin dan ke :

DIREKTORAT KETEKNIKAN DAN KESIAPSIAGAAN NUKLIR – BAPETEN
Jl. Gajah Mada No. 8 Jakarta Pusat 10120
Telp : 021 – 63856518
Fax : 021 – 6302187
Free Call : 08001227383
E-mail : sos@bapeten.go.id

Dan dibuat laporan tertulis yang memuat evaluasi dan analisis penyebab kecelakaan radiasi oleh Petugas Proteksi Radiasi paling lama 2x24 jam setelah kecelakaan terjadi.

2. Pelatihan Penanggulangan Keadaan Darurat

Pemegang izin menyusun dan melaksanakan program latihan keadaan darurat secara komprehensif dan teratur minimal dua tahun sekali dan latihan kedaruratan ini dilakukan untuk kawasan PATIR. Pelaksanaan dan hasil program pelatihan disampaikan kepada Bapeten.

Keadaan darurat adalah kejadian yang terjadi di luar dugaan yang memungkinkan terjadinya bahaya radiasi baik bagi pekerja radiasi maupun masyarakat. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan pengetahuan yang bertujuan menghindari serta menanggulangi keadaan darurat tersebut. Terkait dengan hal itu maka harus disusun dan dilaksanakan program pelatihan dan uji coba penanggulangan keadaan darurat. Program pelatihan penanggulangan keadaan darurat ini harus dievaluasi secara komprehensif dan teratur minimal 1 (satu) tahun sekali serta dikembangkan pula dengan sistem tes dan evaluasi untuk menjamin kesiapsiagaan personil, peralatan dan tim penanggulangan keadaan darurat secara keseluruhan.

Pemegang Izin harus menyusun, merencanakan dan melaksanakan program latihan dan uji coba penanggulangan keadaan darurat secara komprehensif dan teratur minimal satu tahun sekali.

Setiap latihan perlu dikembangkan suatu skenario keadaan darurat yang mungkin terjadi dari yang paling ringan sampai yang terparah, untuk menjamin kesiagaan dan ketrampilan personil, kesiapan dan kecukupan peralatan, serta menguji kekompakan tim secara keseluruhan.

RANGKUMAN

- 1) Terdapat berbagai macam tipe/kategori iradiator yang ada di dunia dan Indonesia memiliki beberapa tipe/kategori tersebut.
- 2) Aspek/sistem keselamatan
- 3) Sistem peralatan iradiator diperlukan dalam pengoperasian fasilitas iradiasi
- 4) Keadaan darurat diperlukan analisa potensi bahaya melalui metode analisis
- 5) Mengacu ke peraturan otoritas, terdapat beberapa tindakan yang harus dilakukan dalam penanganan kedaruratan
- 6) Organisasi dasar Peanggulangan Keadaan Darurat (PKD) terdiri dari 4 unsur utama
- 7) Koordinasi antar unsur/sub unsur diperlukan demi terlaksananya prosedur penanggulangan
- 8) Simulasi dan pelatihan diperlukan dalam penerapan aspek keselamatan fasilitas iradiasi
- 9) Rencana-rencana penanggulangan keadaan darurat dibuat mengacu pada peraturan dari otoritas yang berwenang
- 10) Pelaporan ke otoritas diwajibkan dan diatur dengan batasan waktu yang disesuaikan

LATIHAN SOAL

- 1) Dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 01 Tahun 2010, Kategori PKD Nuklir berdasarkan potensi bahaya, fasilitas iradiasi termasuk dalam kategori :
 - A. Kategori I
 - B. Kategori II
 - C. Kategori III
 - D. Kategori IV

- 2) Kasifikasi Kecelakaan berupa kebakaran atau bencana lainnya menimbulkan paparan radiasi eksternal dan kontaminasi menyebar di dalam lingkungan kawasan, termasuk dalam kasifikasi
 - A. Sangat Parah
 - B. Parah
 - C. Sedang
 - D. Kecil

- 3) Dibawah ini, yang bukan merupakan salah satu rencana Penanggulangan Keadaan Darurat adalah:
 - A. Reconstruction
 - B. Rescue
 - C. Prevention
 - D. Recovery

- 4) Dalam pelaksanaan Penanggulangan Keadaan Darurat, Tim/Kelompok Penanggulangan berkoordinasi langsung dibawah kendali:
 - A. Ketua PKD
 - B. Penganalisa Radiologi
 - C. Pelaksana Operasi
 - D. Pengendali Operasi

Daftar Pustaka

1. Undang Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran
2. Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif
3. Peraturan Pemerintah No. 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir sebagai pengganti Peraturan Pemerintah No. 64 Tahun 2000 tentang Perizinan Pemanfaatan Tenaga Nuklir
4. Peraturan Pemerintah No. 26 Tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif
5. Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif
6. Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 6 Tahun 2009 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Zat Radioaktif dan Pesawat Sinar-X Untuk Peralatan Gauging
7. Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 15 Tahun 2008 tentang Persyaratan Untuk Memperoleh Surat Izin Bekerja Bagi Petugas Tertentu Di Instalasi Yang Memanfaatkan Sumber Radiasi Pengion
8. Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 01 Tahun 2010 tentang Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir
9. Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 06 Tahun 2010 tentang Pemantauan Kesehatan Untuk Pekerja Radiasi
10. Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi Dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir
11. Peraturan Kepala BAPETEN No. 6 tahun 2015 tentang Keamanan Sumber Radioaktif sebagai pengganti Peraturan Kepala BAPETEN No. 7 tahun 2007 tentang Keamanan Sumber Radioaktif
12. SK Ka. Bapeten No. 11/Ka-BAPETEN/VI-99 tentang Izin Konstruksi dan Operasi Iradiator

LAMPIRAN:

Kecelakaan Iradiator Gamma

- ◆ Database of radiological incidents and related events--Johnston's Archive
Fleurus iradiator accident, 2006
compiled by Wm. Robert Johnston
last modified 24 September 2007

Date: 11 March 2006

Location: Fleurus, Belgium

Type of event: accident with industrial iradiator

Uraian:

Seorang pekerja menerima paparan radiasi di fasilitas untuk iradiasi peralatan medis. Fasilitas ini menggunakan cobalt-60 sumber dalam sel exposure tetapi disimpan di kolam ketika personil yang hadir, menggunakan sistem interlock keselamatan. Pada tanggal 11 Maret karyawan melihat alarm radiasi monitor diaktifkan tanpa iradiasi berlangsung dan pintu sel terbuka. Dia reset alarm dan masuk sel selama 20 detik untuk menutup pintu sel. Pekerja tidak membawa counter Geiger sesuai dengan prosedur perusahaan. Dia menderita mual dan muntah, beberapa minggu kemudian rambutnya rontok dan pergi ke dokter, dipastikan dia mengalami eksposur 420 rem; perkiraan ini kemudian direvisi menjadi 440-480 rem. Pekerja tersebut dibawa ke rumah sakit Prancis untuk pengobatan penyakit radiasi pada tanggal 31 Maret. Penyebab utama kecelakaan telah diusulkan untuk menjadi kegagalan sistem kontrol hidrolik yang menaikkan dan menurunkan sumber radiasi dari penyimpanan yang aman di kolam.

Konsekuensi: 1 cedera

- ◆ Di kota Brazil selatan-pusat Goiânia di 1987, pemulung membongkar sebuah Cesium-137 iradiasi tabung dan mengobrak-abrik tempat barang rongsokan kemudian dibawa pulang. Beberapa ratus orang tanpa disadari terkena. Beberapa anak dan orang dewasa? berpikir bubuk Cesium? cantik????? Digosokkan ke tubuh mereka. Masyarakat lainnya yang makan dari makanan yang telah terkontaminasi dengan bubuk radioaktif. Lebih dari 100.000 orang dipantau untuk paparan radiasi; empat akhirnya meninggal. Rumah dan bisnis juga terkontaminasi, membutuhkan enam bulan untuk melakukan dekontaminasi.
- ◆ Pada tahun 1989, tiga pekerja teracuni ketika mereka memasuki ruang iradiasi di fasilitas-60 kobalt dekat San Salvador. Menanggapi kerusakan tersebut, seorang pekerja melewati sistem keamanan dan memasuki radiasi ruang dengan dua orang lain dan satu pun memiliki pelatihan formal. Ketiga orang itu terpapar ketika mereka berdiri langsung di depan sumber kobalt. Satu orang sakit selama lebih dari enam bulan. Yang lain kakinya diamputasi. Pekerja yang paling terparah (yang masuk ruang pertama) telah keracunan radiasi untuk seluruh tubuh dan luka bakar radiasi yang luas untuk kaki. Kaki kanannya diamputasi, dan 197 hari setelah kecelakaan, ia meninggal. Perusahaan ini menyadari kecelakaan selama beberapa hari karena pekerja salah didiagnosis keracunan makanan.
- ◆ Pada tahun 1990, seorang pekerja di fasilitas-60 kobalt di Soreq masuk ruang radiasi setelah alarm berbunyi. Bertindak bertentangan dengan

petunjuk operasi dan keselamatan, dia tidak memberitahukan atasannya dan menangani situasinya sendiri. Dia mematikan alarm, bypass sistem keselamatan, membuka pintu dan memasuki ruang. Dia tidak menyadari bahwa kobalt-60 adalah mengeksposure sampai ia memindahkan tumpukan kotak. Setelah beberapa menit mendapat pemaparan langsung, ia mulai merasakan sensasi terbakar di matanya dan meninggalkan ruangan. Ia meninggal 36 hari kemudian.

- ◆ Parsippany, NJ
Pada tahun 1974, direktur radiasi pada Isomedix kobalt-60 fasilitas di New Jersey utara terkena dosis hampir fatal dari 400 Rems sementara penyinaran medis persediaan. Pria itu menderita luka parah dan dirawat selama satu bulan. Dua tahun kemudian, api dekat cobalt kolam penyimpanan bahan kimia dilepaskan ke dalam kolam yang menyebabkan batang kobalt untuk menimbulkan korosi dan bocor. Radioaktif memerahkan air ke toilet dan ke dalam saluran pembuangan umum sistem. Jumlah radiasi yang dilepaskan ke dalam sistem saluran pembuangan umum tidak pernah ditentukan.
- ◆ Pada tahun 1979, dekontaminasi mulai di Hawaii
Perkembangan Iradiator di Fort Armstrong mana, tahun sebelumnya, air radioaktif bocor ke atap dan halaman depan. Sebagai bagian dari \$ 500.000, pembayar pajak disubsidi bersih-bersih, hampir 50 ton baja, 250 kubik kaki beton dan 1.100 kaki kubik tanah telah dihapus dan dibawa ke tempat pembuangan limbah nuklir di Hanford, Washington -salah satu tempat paling tercemar di Bumi. Pabrik ditutup pada tahun 1980 dan sisanya cobalt-60 adalah dikirim ke University of Hawaii.
- ◆ Pada tahun 1991 di Belarus, seorang pekerja yang parah keracunan di fasilitas cobalt-60 iradiasi. Ketika sepotong peralatan macet, ia memasuki ruang iradiasi setelah melewati sejumlah fitur keamanan. Pria diiradiasi selama satu menit dan meninggal 113 hari.
- ◆ Pada tahun 1982, seorang pekerja Norwegia menerima besar-besaran dosis radiasi dari cobalt-60 saat mencoba memperbaiki macet conveyor belt. Ia meninggal 13 hari,
- ◆ Pada tahun 1975, seorang pekerja Italia telah terkena kobalt-60 ketika ia melewati semua kontrol keamanan, naik ke atas conveyor belt dan masuk ruang iradiasi. Dia meninggal 12 hari.

Kecelakaan Electron-Beam

- ◆ ***Database of radiological incidents and related events--Johnston's Archive***

Forbach iradiator accident, 1991
compiled by Wm. Robert Johnston
last modified 23 September 2007

Date: 13 August 1991

Location: Forbach, France

Type of event: accident at industrial iradiator

Uraian:

Kecelakaan terjadi pada Iradiator akselerator elektron saat tiga pekerja memasuki ruang iradiasi menggunakan pintu keluar dan terkena **dark current**: akselerator dalam keadaan nonaktif, tapi tegangan akselerator masih pada, hasil keputusan untuk menghemat waktu. Tingkat Eksposure

adalah antara 10 dan beberapa ratus rad per detik (dibandingkan dengan megarad 8 maksimum/detik saat pedal gas aktif). Ketiga pekerja menerima dosis lokal, satu parah cukup untuk menghasilkan kulit melepuh. Dosis kulit diperkirakan mencapai 4.000 rem (dosis seluruh tubuh 100 rem dalam hal ini) untuk pekerja dengan cedera terburuk dan 900 dan 500 rem untuk dua pekerja lainnya.

Konsekuensi: 3 cedera

- ◆ Pada tahun 1991, seorang pekerja Maryland mengabaikan peringatan keselamatan dan menerima dosis 5.000 rad dari 3 juta elektron-volt linear akselerator. Dia kehilangan empat jari.
- ◆ Pada tahun 1992, kecelakaan di 15 juta-volt elektron akselerator linier di Hanoi seorang direktur fasilitas penelitian kehilangan beberapa tangan dan jari.

Database of radiological incidents and related events--Johnston's Archive

***Radiation accidents and other events causing radiation casualties--
tabulated data***

compiled by Wm. Robert Johnston
last updated 22 May 2010

This is a listing (incomplete) of radiation accidents and other events (e.g. intentional acts) that resulted in acute radiation exposures to humans sufficient to cause casualties. For sources and for details on specific events see individual pages at [Database of Radiological Incidents and Related Events](#) or follow links in table.

Notes and codes:

- **code:** coding for type of accident. Codes:
 - A -- radiation accident (unspecified or other)
 - A-R -- accident involving nuclear reactor
 - A-NR -- accident involving naval reactor
 - A-PR -- accident involving power reactor
 - AC -- criticality accident
 - AC-RR -- criticality accident involving research reactor
 - A-a -- accelerator accident
 - A-d -- accidental dispersal of radioactive material
 - A-i -- accidental internal exposure to radioisotope
 - A-ir -- iradiator accident
 - A-mr -- medical radiotherapy accident
 - A-mx -- medical x-ray accident
 - A-os -- orphaned source accident
 - A-osd -- accidental dispersal of orphaned source
 - A-rg -- radiography accident
 - A-s -- accidental exposure to source
 - A-x -- x-ray accident
 - I-a -- intentional exposure of individual (assault)
 - I-c -- criminal act (unspecified)
 - I-s -- intentional self-exposure
 - I-t -- exposures resulting from theft of source
 - NT -- nuclear weapon test
 - NW -- combat use of nuclear weapon
- **highest dose:** highest dose to any individual; in cases of more than one casualty, most doses were significantly lower. Codes:

- L -- casualties involving localized exposures
- N -- the individual(s) receiving the highest dose died from effects other than ionizing radiation
- **deaths:** figures are for ionizing radiation-induced deaths only; parenthetical figures include those from other effects (e.g. thermal and mechanical results of explosions). Code:
 - F -- indicates fetal deaths.
- **public:** codes indicating case involved known exposure to the public (i.e. non-employees). Codes:
 - c -- criminal acts in which only perpetrators were injured
 - m -- medical, exposure of patients
 - x -- exposures among public
- **source:** radioisotope involved, if known. Codes:
 - * NW -- nuclear detonations
 - * -- criticality accidents
- **release:** radioactive release into the environment, if any; for point events (e.g. criticality accidents or nuclear detonations), activity is for 1 hour after event.

date	location/link to entry	type of accident/event	code	highest dose (rem)	deaths	injuries	public	source	release
1965	Illinois, USA	iradiator accident	A-ir	L	0	1			
04 Oct 1967	Harmarville, Pennsylvania, USA	iradiator accident	A-ir	600	0	3			
04 Feb 1971	United States	iradiator accident	A-ir	~260	0	1		Co-60	
29 Feb 1972	Sichuan, PRC	iradiator accident	A-ir	147	0	1		Co-60	
Jun 1974	Parsippany, New Jersey, USA	iradiator accident	A-ir	400	0	1		Co-60	
13 May 1975	Brescia, Lombardia, Italy	food iradiator accident	A-ir	1,200	1	0		Co-60	
12 Jul 1976	Moscow, Russia, USSR	iradiator accident	A-ir	400	0	1		Co-60	
Sep 1977	Rockaway, New Jersey, USA	iradiator accident	A-ir	200	0	1		Co-60	
01 Sep 1980	Leningrad, Russia, USSR	iradiator accident	A-ir	?	1	0		Co-60	
Sep 1980	Shanghai, PRC	iradiator accident	A-ir	500	0	1		Co-60	
02 Sep 1982	Kjeller, Norway	accident at industrial iradiator	A-ir	2,200	1	0		Co-60	
Mar 1986	Beijing, PRC	accidental exposure to iradiator source	A-ir	80	0	2		Co-60	
May 1986	Kaifeng City, PRC	accidental exposure to iradiator source	A-ir	350	0	2		Co-60	
12 Sep 1987 - 29 Sep 1987	Goiania, Goias, Brazil	accidental dispersal of lost radiography source	A-osd	700	5	20	x	Cs-137	1375 Ci
1987	Zhengzhou City, PRC	iradiator accident	A-ir	135	0	1		Co-60	
1988	Zhao Xian, PRC	iradiator accident	A-ir	520	0	1		Co-60	
05 Feb 1989	San Salvador, El Salvador	iradiator accident	A-ir	800	1	2		Co-60	
21 Jun 1990	Soreq, Israel	accident at commercial irradiation facility	A-ir	1,500	1	0		Co-60	
25 Jun 1990	Shanghai, PRC	iradiator accident	A-ir	1,200	2	5		Co-60	
13 Aug 1991	Forbach, France	iradiator accident	A-ir	L	0	3			
26 Oct 1991	Nesvizh, Belarus	iradiator	A-ir	1,250	1	0		Co-60	

Pelatihan Personel Iradiator 2020

		accident							
11 Dec 1991	Maryland, USA	iradiator accident	A-ir	L	0	1			
Nov 1992	Wuhan, PR China	iradiator accident	A-ir	?	0	4			
11 Mar 2006	Fleurus, Belgium	iradiator accident	A-ir	460	0	1		Co-60	
Feb 2008 - Aug 2009	Los Angeles, California, USA	medical radiography accident	A-mx	L	0	2+	m		
12 Mar 2010 - Apr 2010	Mayapuri, New Delhi, India	orphaned source	A-os	?	1	7	x	Co-60	

© 2004-2009, 2010 by Wm. Robert Johnston.
Last modified 22 May 2010.

[Database of Radiological Incidents.](#)