

BIODATA

Name : Moh. Cecep Cepi Hikmat, S.ST., M.Si
Email : mohc001@brin.go.id
Academic : Doctoral Candidate (on going), University of Indonesia
Institution : Research Center for Nuclear Materials and Radioactive
Waste Technology
Nuclear Energy Research Organization
Research group : Radioactive Waste Management
No Hp : 08881306660

Training Course:

- *) TC on Radiological Assessor
- *) TC on Radiation Protection Officer
- *) TOT on Nuclear Emergency
- *) TC on Radiological Emergency Preparedness
- *) Regional Workshop on Occupational Radiation Protection, South Korea
- *) Security Transport of Nuclear Material, Germany
- *) Instructor Training Course on Environmental Radioactivity Monitoring, Japan
- *) Workshop on Monitoring during a Nuclear or Radiological Emergency, Japan
- *) TC on Monitoring of terrestrial radioactivity in the nuclear emergency system, Ukraine
- *) Interregional Training Course on Design and Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation, USA



KERANGKA AJAR

1. Pendahuluan
2. Dasar Hukum
3. Dasar Radiasi
4. Skenario Kedaruratan
5. Sistem Klasifikasi Kedaruratan
6. Tindakan Kedaruratan
7. Struktur Organisasi Tanggap Darurat (OTD)
8. Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat (PKD)
9. Simulasi Diskusi Skenario

PENDAHULUAN (1-2)

Mesin iradiator berkas elektron digunakan untuk Sterilisasi alat kesehatan, Pengawetan makanan, Modifikasi material (polimerisasi, cross-linking).

Tidak meninggalkan residu radioaktif, tetapi tetap menghasilkan radiasi ionisasi saat aktif.

Risiko paparan radiasi tetap ada jika terjadi:

- Kegagalan interlock
- Kesalahan manusia
- Overheating atau korsleting

PENDAHULUAN (2-2)

Mengapa Perlu Pelatihan PKD?

Tidak ada sistem yang benar-benar bebas risiko.

Keadaan darurat dapat muncul tanpa peringatan:

- Paparan tidak sengaja
- Kegagalan sistem nonaktif otomatis

Petugas harus tahu apa yang harus dilakukan dalam 1–3 menit pertama.

TUJUAN PEMBELAJARAN

Kompetensi Dasar:

Mampu menjelaskan penanggulangan keadaan darurat

Indikator Keberhasilan

Setelah pelatihan ini, peserta mampu:

- Menjelaskan risiko mesin berkas elektron
- Menjelaskan skenario dan klasifikasi kedaruratan
- Mengikuti prosedur penanggulangan yang tepat
- Berperan aktif dalam organisasi tanggap darurat

Dasar hukum PKD bertujuan untuk:

- Menjamin **keselamatan pekerja, publik, dan lingkungan**
- Menjamin **struktur organisasi dan SOP** mampu terap saat darurat

Fasilitas iradiator berkas elektron, meskipun tanpa sumber radioaktif, tetap memerlukan sistem kedaruratan karena berpotensi menghasilkan medan radiasi tinggi saat operasi.

1. UU No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran,

- ✓ Pemegang izin wajib melakukan perlindungan terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan.
- ✓ Kewajiban melaporkan kejadian yang menimbulkan atau dapat menimbulkan bahaya radiasi.

2. PP No. 45 Tahun 2023 Tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Zat Radioaktif, Pemegang izin wajib:

- ✓ Mencabut PP No. 33 Tahun 2007.
- ✓ **Pemegang izin wajib:** menyusun dan melaksanakan program proteksi dan keselamatan radiasi.
- ✓ Menyiapkan rencana dan sumber daya untuk penanggulangan kedaruratan radiasi.
- ✓ Manajemen keselamatan radiasi dan keamanan zat radioaktif secara terpadu.

3. PerKa BAPETEN No. 1 Tahun 2010 Tentang Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir

- ✓ Mengklasifikasikan fasilitas berdasarkan Kategori Bahaya Radiologi (I-V).
- ✓ Iradiator berkas elektron masuk Kategori III: dampak terbatas di dalam tapak.
- ✓ **Klas kedaruratan yang berlaku:** Alert (Waspada) dan Facility Emergency (Kedaruratan Fasilitas).
- ✓ Rencana Tanggap Darurat (RTD) wajib disusun dan diuji (gladi minimal 1x/tahun).
- ✓ **Pelaporan ke BAPETEN:** paling lambat 1 jam (lisan) dan 2 hari kerja (tertulis) setelah kejadian.
- ✓ Pemegang izin harus mengidentifikasi dan mengklasifikasikan kelas kedaruratan segera setelah terjadi kejadian.

4. **PerKa BAPETEN No. 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir**
 - ✓ Menetapkan prinsip proteksi radiasi: justifikasi, optimisasi (ALARA), dan pembatasan dosis.
 - ✓ **Nilai Batas Dosis (NBD):** 20 mSv/tahun pekerja; 1 mSv/tahun anggota masyarakat.
 - ✓ Program proteksi radiasi wajib mencakup kondisi normal, abnormal, dan darurat.
5. **Peraturan Badan BAPETEN No. 3 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Iradiator untuk Iradiasi**
 - ✓ Regulasi teknis khusus untuk iradiator termasuk Pembangkit Radiasi Pengion (berkas elektron).
 - ✓ Mewajibkan sistem pertahanan berlapis (defence in depth) dan interlock keselamatan berlapis.
 - ✓ RTD (Rencana Tanggap Darurat) fasilitas wajib sebagai bagian program proteksi keselamatan

FILOSOFI KESELAMATAN



Itulah yang menyelamatkan nyawa

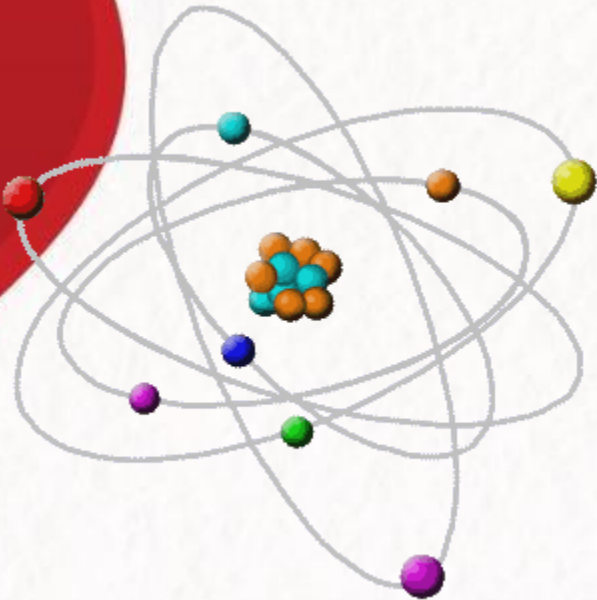
DASAR RADIASI (1-9)

Apa itu Radiasi ?

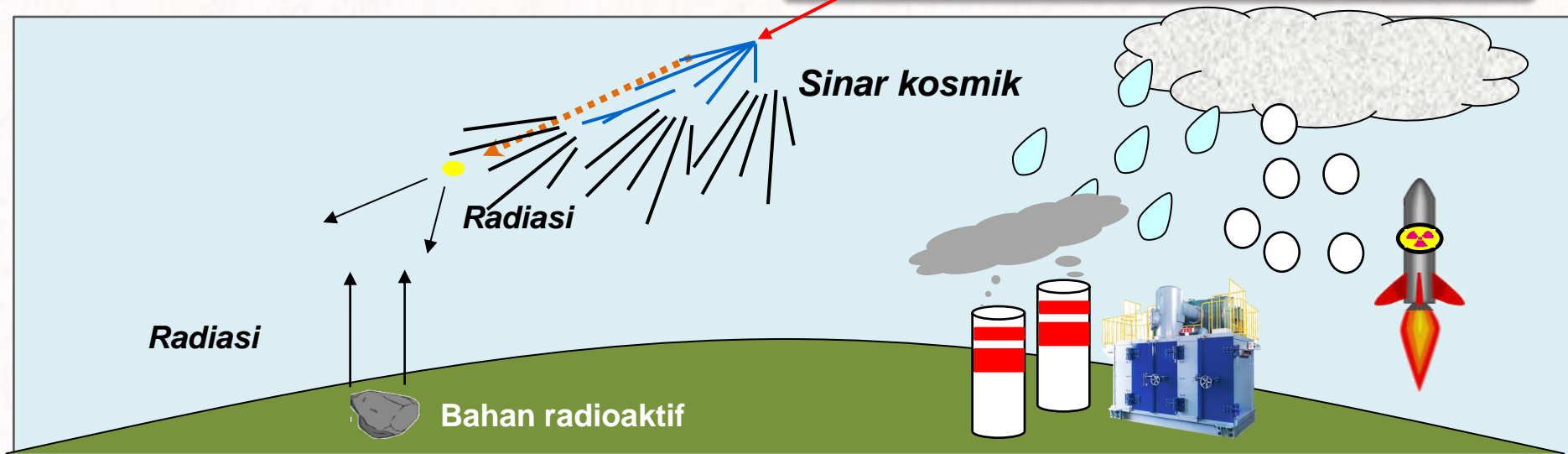
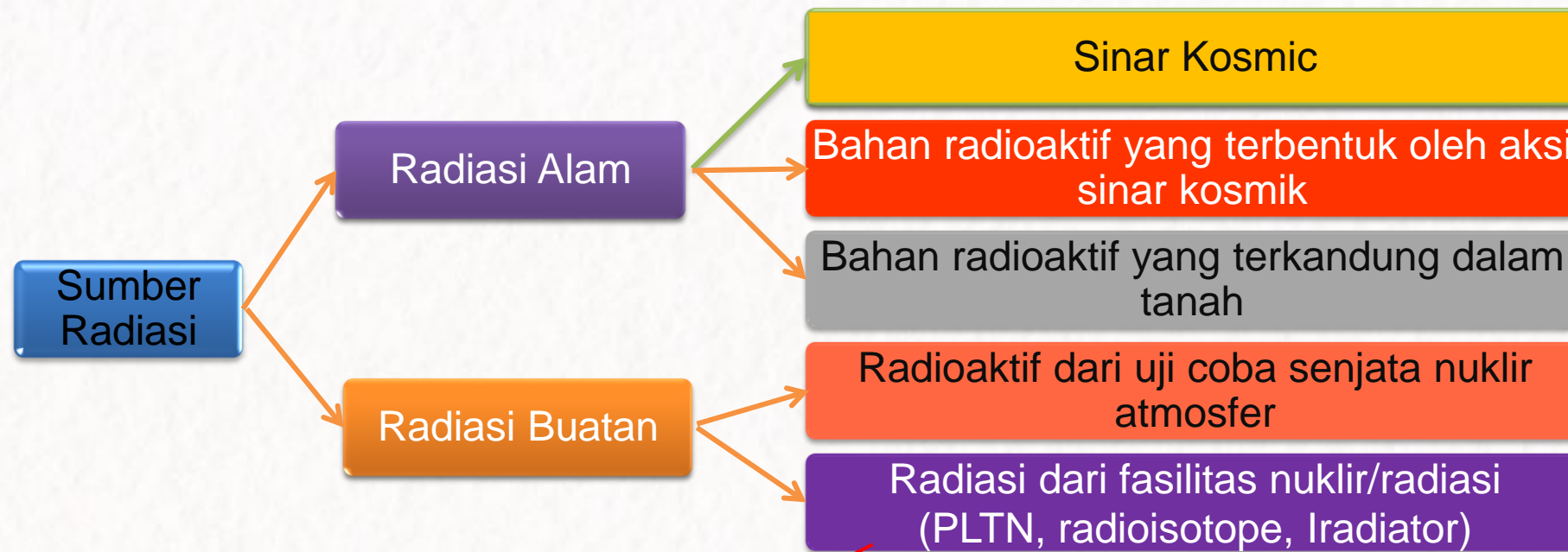
Radiasi adalah pancaran energi dalam bentuk gelombang elektromagnet atau partikel .

Sifatnya: tidak dapat dilihat, diraba, dirasa, dibau tetapi dapat menembus bahan

Bahaya Radiasi Ionisasi: Dapat merusak jaringan sel dan DNA



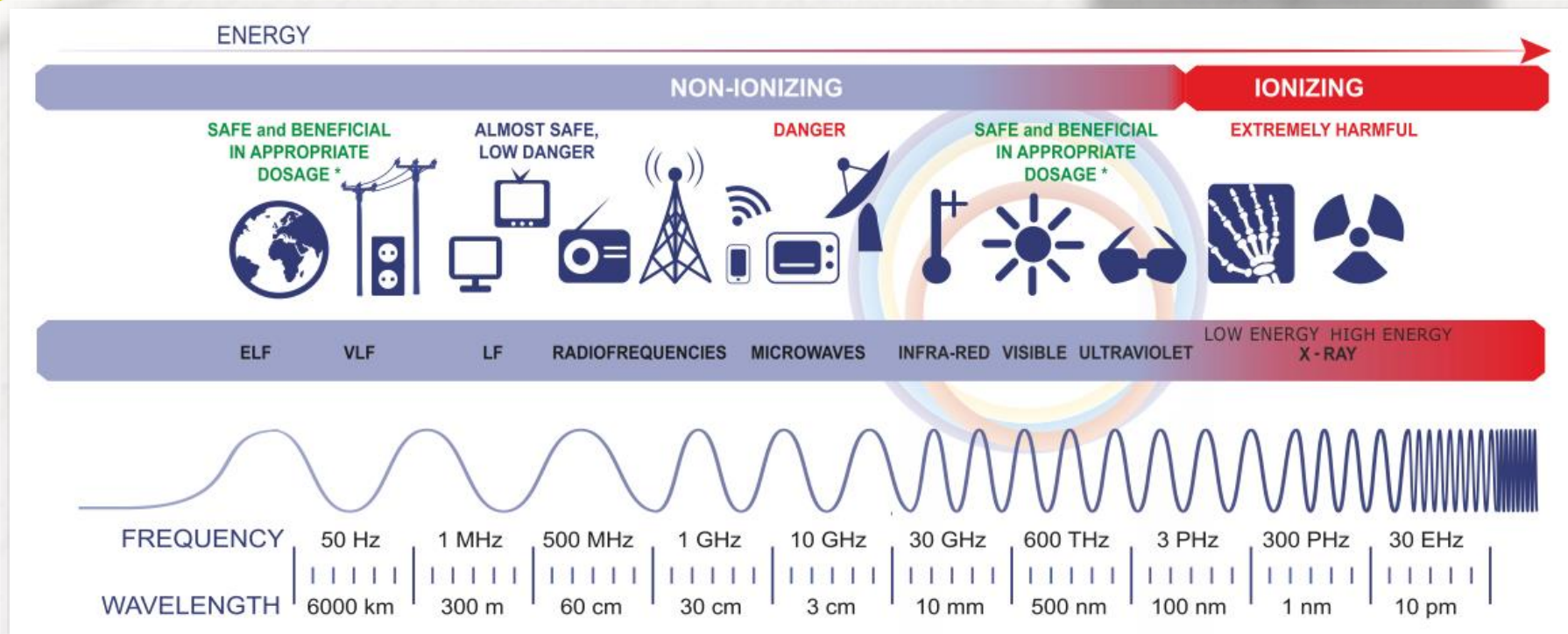
DASAR RADIASI (2-9)



DASAR RADIASI (3-9)

Jenis Radiasi

Pengion



Non Pengion

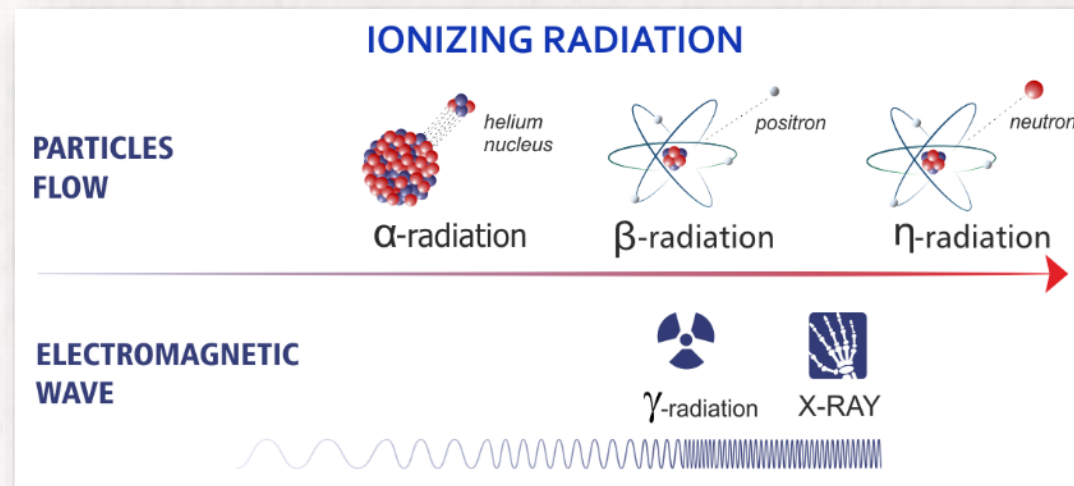
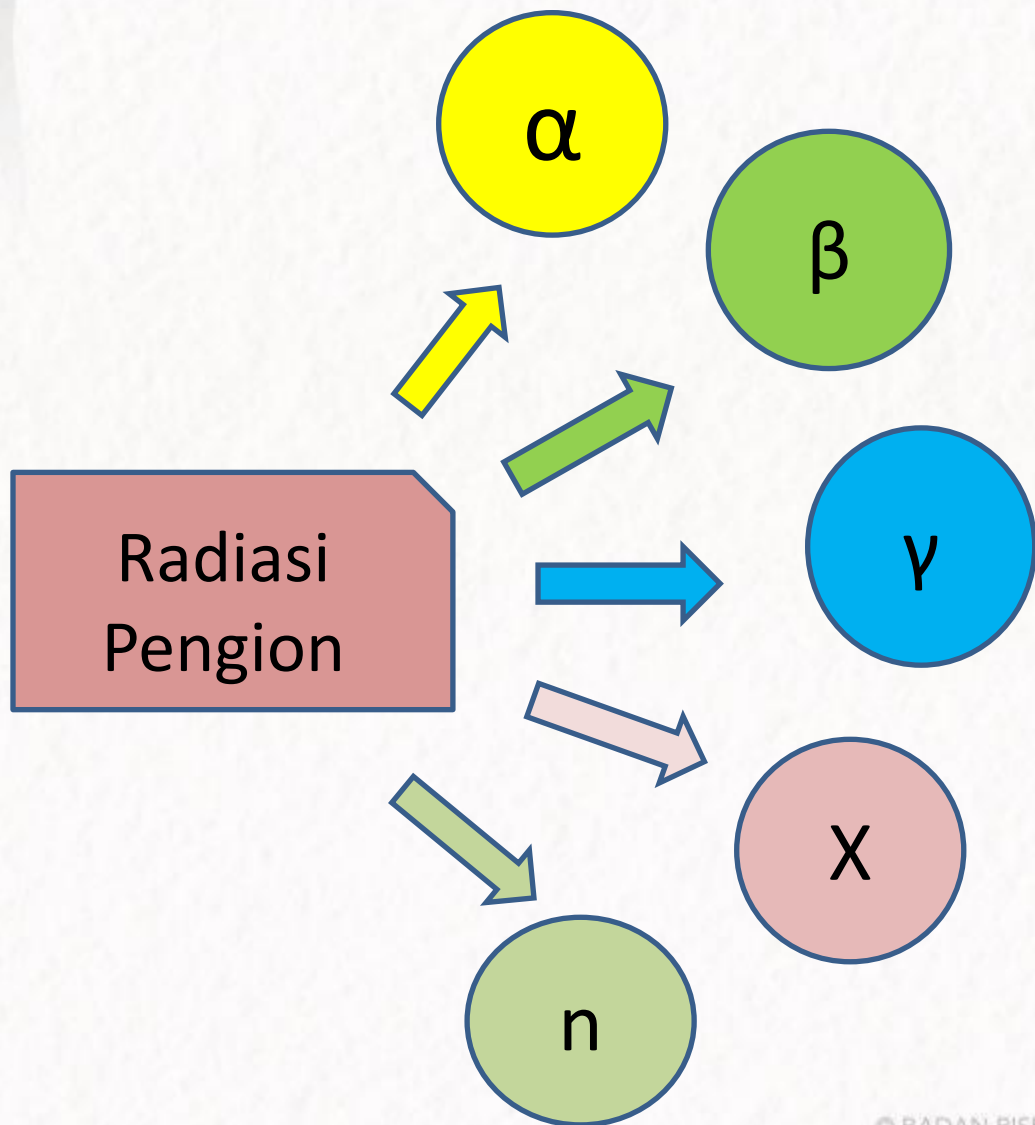
DASAR RADIASI (4-9)



Radiasi Non
Pengion

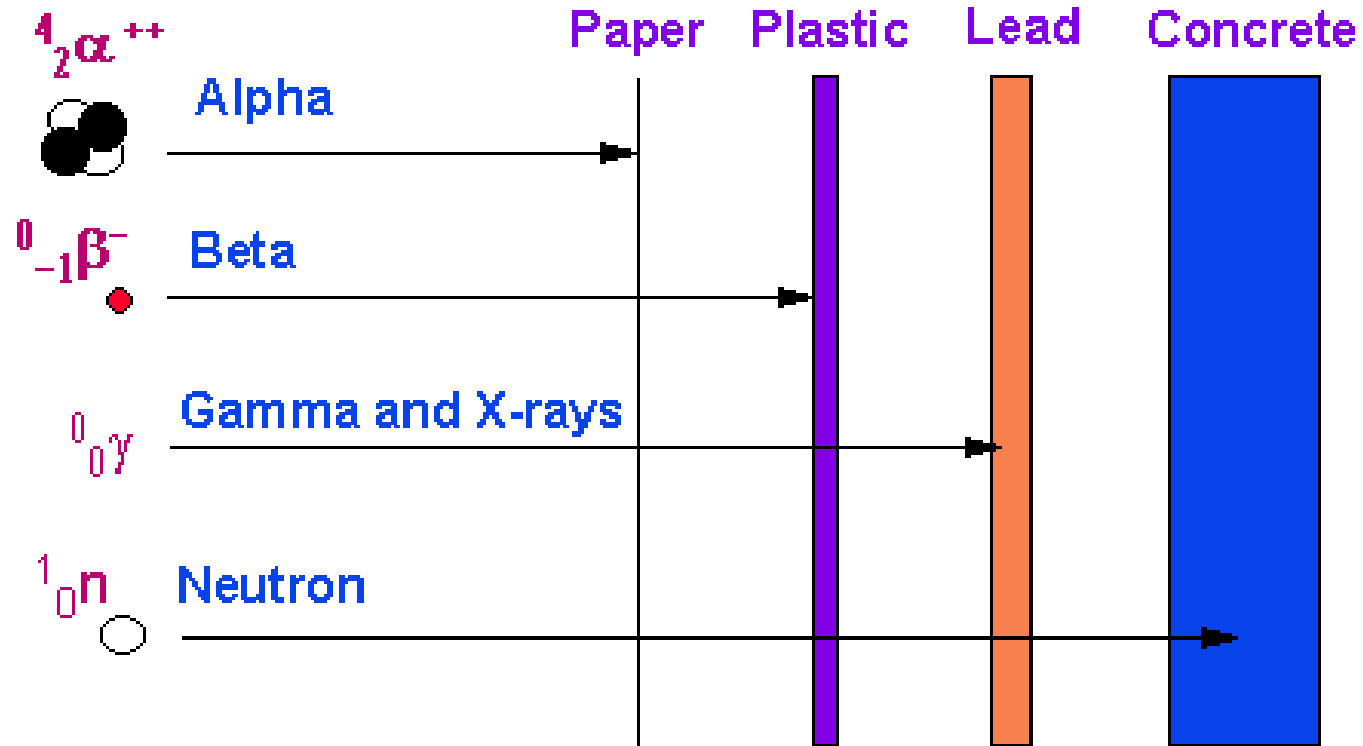
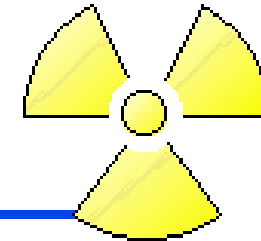


DASAR RADIASI (5-9)



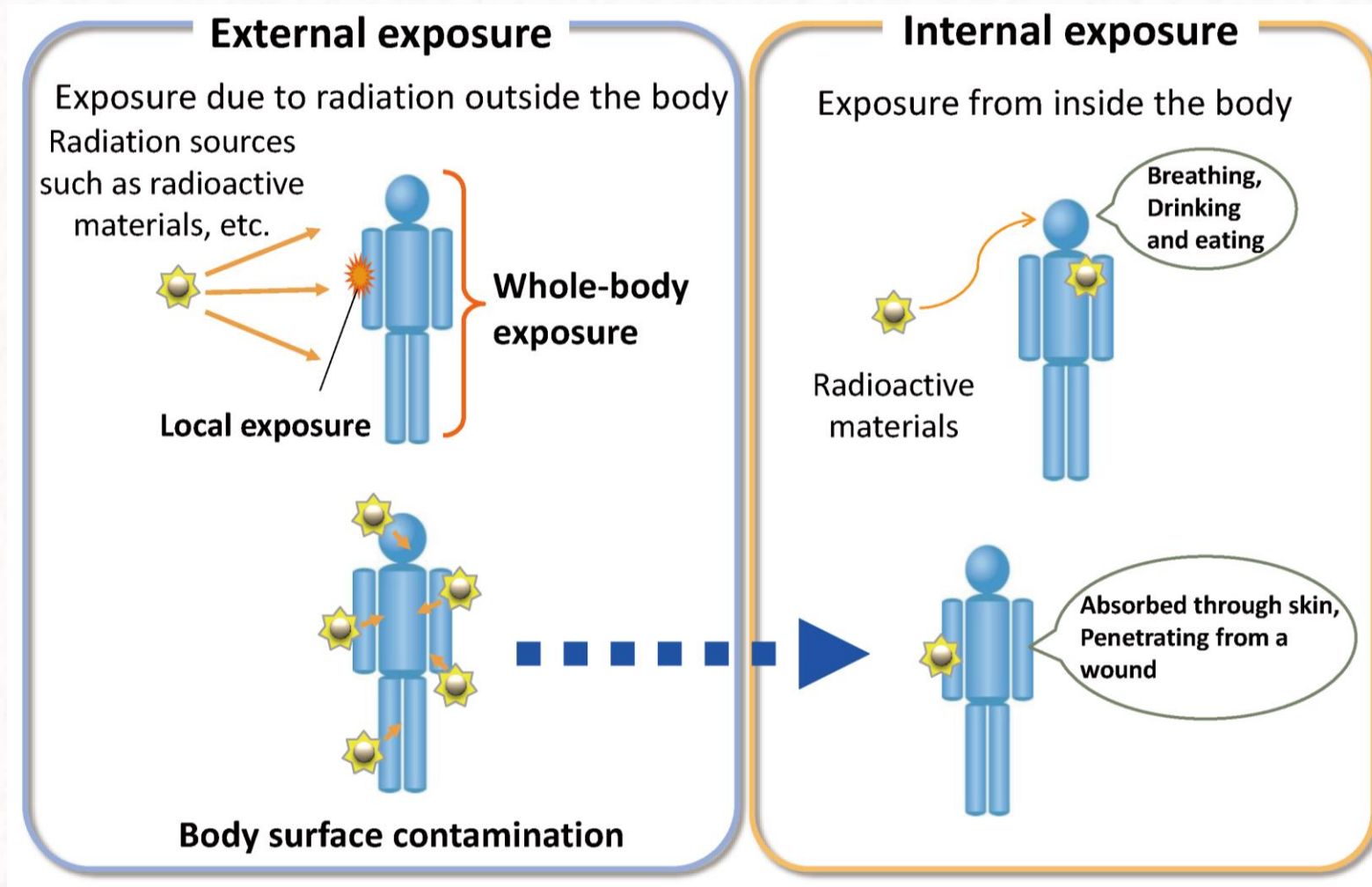
DASAR RADIASI (6-9)

Penetrating Distances



DASAR RADIASI (7-9)

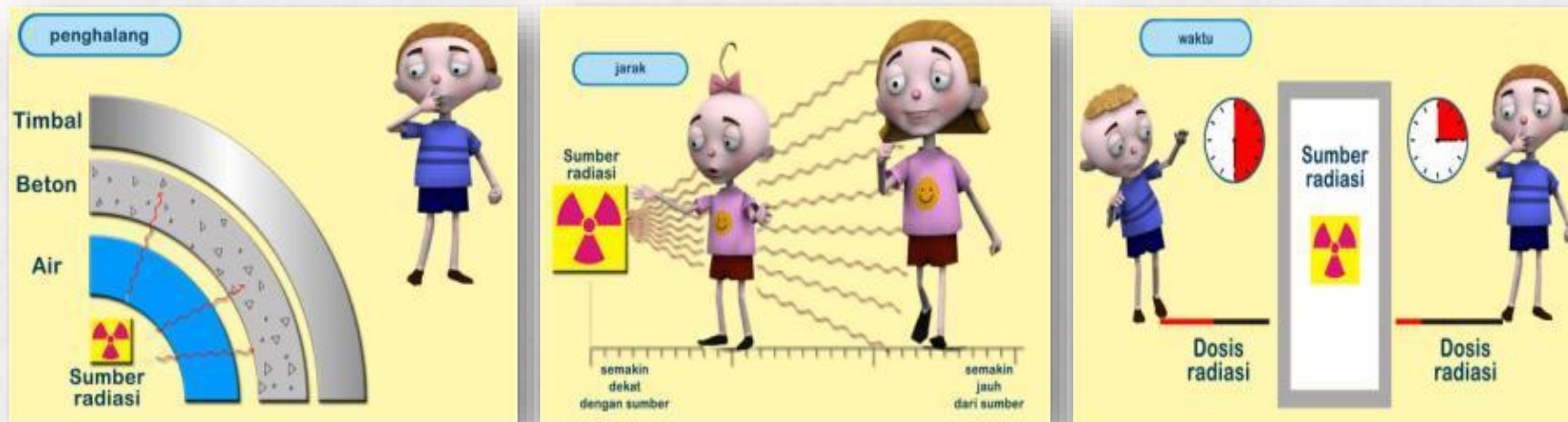
Pajanan Radiasi



DASAR RADIASI (8-9)

Prinsip Proteksi Radiasi Eksterna

1. Menggunakan **P**enghalang
2. Menjaga **J**arak
3. Mem**B**atasi waktu



DASAR RADIASI (9-9)

Radiasi dalam Iradiator berkas Elektron

Menghasilkan berkas elektron berenergi tinggi

Radiasi hanya muncul saat mesin ON

Tidak ada sisa radioaktif setelah mesin OFF

SKENARIO KEDARURATAN (1-3)

Tidak menggunakan isotop radioaktif

Risiko utama:

- Paparan langsung
- Kegagalan interlock
- Kebocoran Radiasi Hambur/X-ray Sekunder (Bremsstrahlung)
- Kegagalan Tombol Penghenti Kedaruratan dan Overheating
- Kecelakaan Listrik Tegangan Tinggi

SKENARIO KEDARURATAN (2-3)

Kegagalan Sistem Interlock

- Interlock tidak mematikan mesin saat pintu terbuka → potensi **paparan langsung** ke operator.
- Sering terjadi karena **gangguan listrik, modifikasi ilegal, atau salah prosedur.**

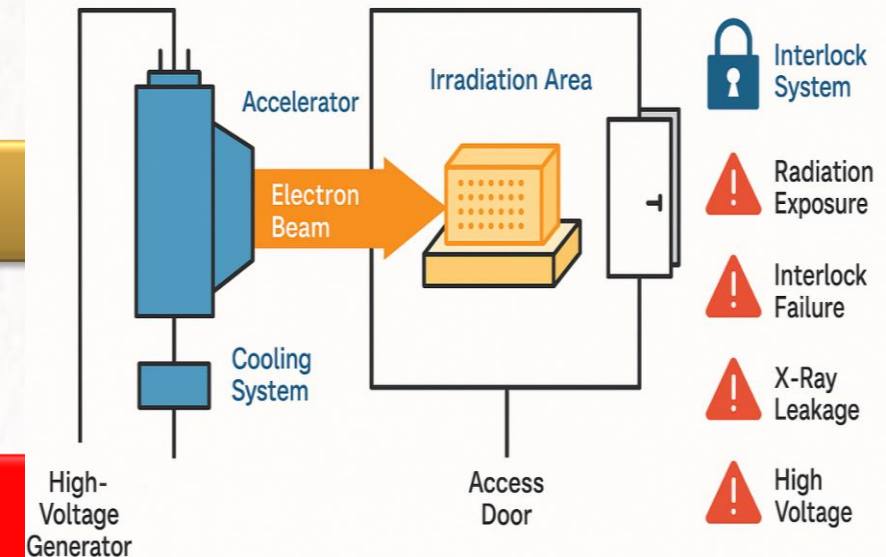
Paparan Tidak Terencana pada Pekerja

- Pekerja berada di dekat area iradiasi tanpa mengetahui mesin aktif.
- Biasanya karena **human error** atau ketidaktahuan posisi sumber.

Kebocoran Radiasi Hambur

- Shielding logam tidak memadai → X-ray bocor ke luar ruang iradiasi.
- Bisa menyebabkan paparan bagi personel di sekitar ruang kendali.

Interlock and Technical Risk Factors



SKENARIO KEDARURATAN (3-3)

Kegagalan Sistem Pendingin atau Tegangan Tinggi

- Overheating → sistem shutdown gagal → kebakaran/korsleting.
- Potensi kerusakan perangkat dan **cedera operator** akibat korsleting.

Indikasi Paparan Melebihi Batasan

- Alarm pada sistem dosimeter berbunyi.
- Menunjukkan bahwa ada **paparan melebihi Batasan** yang perlu diselidiki.

SISTEM KLASIFIKASI KEDARURATAN (1-2)

Merujuk IAEA GSR Part 7 dan Perka BAPETEN No. 1 Tahun 2010
Berdasarkan Kategori Ancaman (Threat Category)

KATEGORI I

 Tinggi

Dapat menimbulkan efek deterministik parah di LUAR tapak

Contoh: PLTN, Reaktor Riset Besar

Zona darurat: nasional/regional luas

KATEGORI II

 Sedang-Tinggi

Dapat menimbulkan efek stokastik di LUAR tapak

Contoh: Iradiator gamma besar (Co-60), Reaktor riset kecil

Zona darurat: regional terbatas

KATEGORI III

 **BERLAKU untuk fasilitas ini**

Efek deterministik hanya mungkin terjadi DI DALAM tapak/fasilitas.

Tidak ada risiko dispersi radioaktif ke luar.

Contoh: Iradiator berkas elektron, radioterapi, iradiator industri (pembangkit radiasi)

Zona darurat: internal fasilitas saja

KATEGORI IV

 Rendah

Sumber berisiko rendah, dampak sangat terbatas dan lokal

Contoh: Peralatan medis/industri portabel, sumber kecil

Zona darurat: minimal

KATEGORI V

 Lintas Batas

Fasilitas di luar negeri yang berpotensi mempengaruhi wilayah nasional

Contoh: PLTN negara tetangga yang berdekatan dengan perbatasan

Zona: perjanjian bilateral

SISTEM KLASIFIKASI KEDARURATAN (2-2)

Kelas Kedaruratan (*Emergency Class*)

Tingkat	Kelas Kedaruratan	Deskripsi	Contoh di Irradiator Berkas Elektron
1	<i>ALERT</i> (Siaga)	Terindikasi kondisi abnormal, belum ada dampak	Sistem interlock tidak bekerja tetapi mesin dimatikan tepat waktu
2	<i>FACILITY EMERGENCY</i> (Darurat Fasilitas)	Gangguan serius berdampak di dalam fasilitas	Paparan pekerja karena mesin tidak bisa dihentikan, alarm dosis berbunyi
3	SITE AREA EMERGENCY (<i>Darurat Area Tapak</i>)	Potensi dampak ke luar fasilitas	Tidak berlaku untuk fasilitas ini. Irradiator berkas elektron termasuk Kategori Ancaman III (IAEA GSR Part 7 & Perka BAPETEN No.1/2010). Dampak terbatas di dalam tapak; tidak ada potensi dispersi radioaktif ke luar fasilitas sehingga level Site Area Emergency tidak diperlukan.
4	GENERAL EMERGENCY (<i>Darurat Umum</i>)	Potensi dampak ke luar fasilitas	Tidak berlaku untuk fasilitas ini. Level General Emergency hanya berlaku untuk fasilitas Kategori Ancaman I dan II (mis. PLTN). Fasilitas ini cukup dengan rencana tanggap darurat tingkat fasilitas (<i>Facility Emergency</i>) sesuai regulasi yang berlaku.

TINDAKAN KEDARURATAN (1-2)

ALERT (Siaga)

- Verifikasi indikasi abnormal (interlock, alarm, status sistem)
- Pastikan mesin dimatikan (OFF / E-Stop aktif)
- Dokumentasikan kejadian awal (waktu, lokasi, siapa)
- Laporkan ke PPR dan Koordinator Kedaruratan
- Evaluasi penyebab teknis atau kesalahan prosedur
- Update log buku keselamatan / sistem pelaporan internal
- Tidak perlu aktivasi tim darurat eksternal
- Tinjau kebutuhan inspeksi teknis
- Simpan dokumentasi untuk audit regulator

TINDAKAN KEDARURATAN (2-2)

FACILITY EMERGENCY (Darurat Fasilitas)

- Tekan Emergency Stop segera
- Evakuasi seluruh personel dari area terdampak
- Aktifkan organisasi darurat internal
- Lakukan pengukuran paparan (dosimeter, survey meter)
- Isolasi area dan pasang tanda radiasi
- Laporkan ke BAPETEN dalam < 24 jam
- Catat semua personel terlibat dan dosis diterima
- Dokumentasi + investigasi penyebab
- Tinjau kemungkinan tindakan medis lanjut

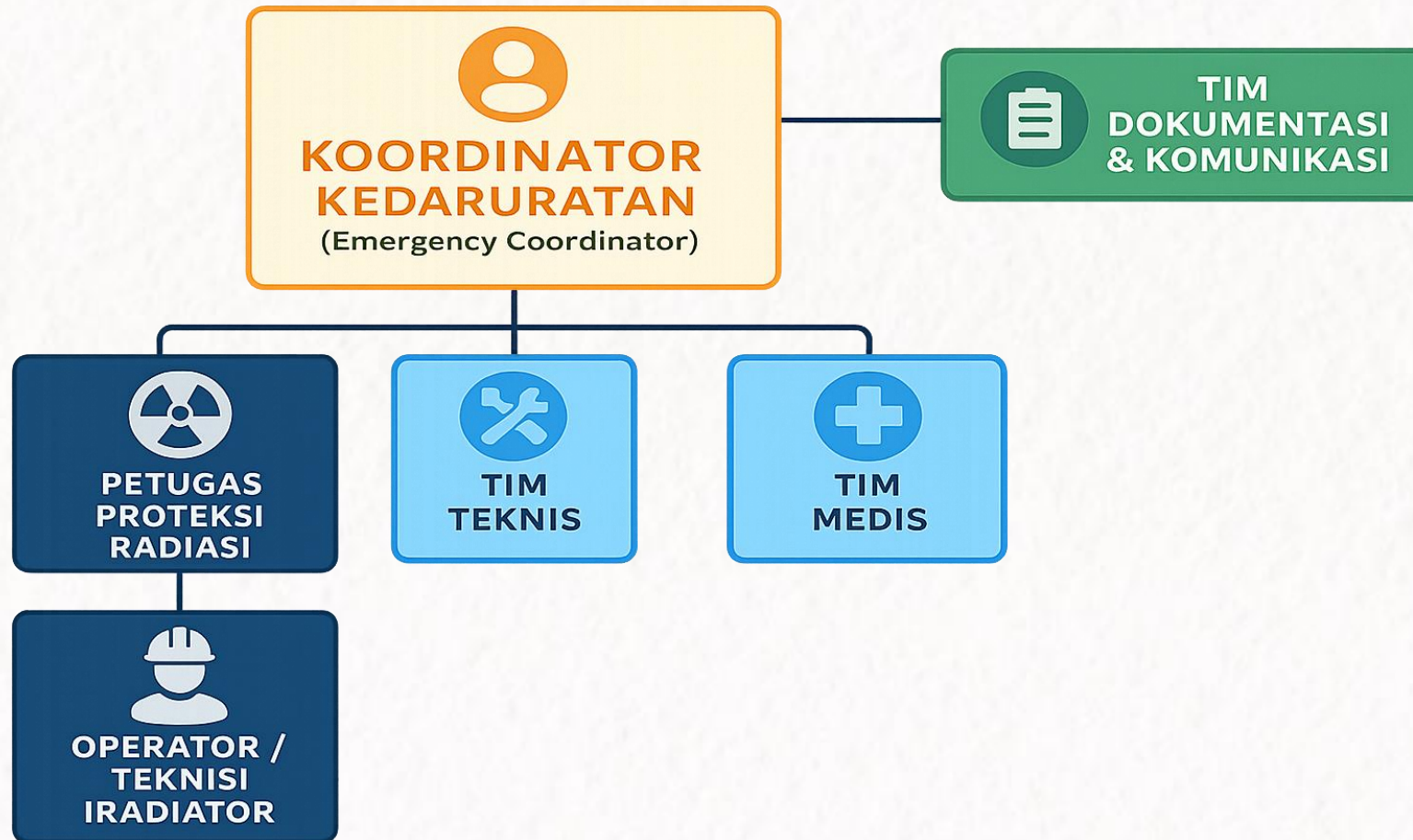
STRUKTUR OTD (1-3)

Struktur tanggap darurat adalah **susunan organisasi, peran, dan jalur koordinasi** yang ditetapkan di fasilitas untuk **mengelola keadaan darurat secara efektif**.

Tujuan utama:

- Melindungi pekerja dan publik dari paparan radiasi
- Mengendalikan dan menghentikan insiden
- Menjamin respons cepat, terkoordinasi, dan terdokumentasi

STRUKTUR OTD (2-3)



STRUKTUR OTD (3-3)

No	Posisi / Fungsi	Tanggung Jawab Utama
1	Koordinator Kedaruratan (<i>Emergency Coordinator</i>)	Pemimpin tanggap darurat di fasilitas; mengarahkan seluruh respons & komunikasi
2	Petugas Proteksi Radiasi (PPR)	Menilai tingkat paparan dan kondisi radiasi; memverifikasi alarm, menyarankan tindakan teknis
3	Operator / Teknisi Iradiator	Deteksi awal kejadian, aktivasi E-Stop, evakuasi area, pelapor pertama
4	Tim Teknis	Melakukan isolasi sistem, shutdown manual, inspeksi peralatan, membantu pengendalian teknis
5	Tim Kesehatan / Medis	Memberi pertolongan pertama jika ada korban paparan atau kecelakaan kerja
6	Tim Komunikasi / Informasi Publik	Menyampaikan informasi resmi ke regulator (BAPETEN) dan pemangku kepentingan lainnya
7	Tim Dokumentasi / Logistik	Mencatat semua tindakan, waktu kejadian, dosis, hasil pengukuran, serta menyediakan APD, alat tanggap atau logistic lainnya.

Tujuan Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat

- Melindungi pekerja dan publik, serta lingkungan dari paparan radiasi berlebih
- Menstabilkan kondisi darurat agar tidak meluas
- Mengkoordinasikan tindakan cepat dan efektif
- Menjamin pelaporan dan dokumentasi yang sesuai regulasi

Prinsip Umum PKD

- Identifikasi cepat keadaan darurat
- Respons awal segera dan terkoordinasi
- Proteksi terhadap personel dan lingkungan
- Pendekatan bertahap (*graded approach*)
- Pemberitahuan dini dan komunikasi
- Evaluasi dan dokumentasi menyeluruh

PROSEDUR PKD (3-8)

Pendekatan bertahap (*graded approach*)

Kondisi	Tingkat Respons
Alarm interlock aktif, tidak ada paparan terindikasi	Respons ringan: operator cek, PPR survei, catat log
Paparan terindikasi pada satu personel, dosis rendah	Respons sedang: Klas Waspada, aktivasi sebagian OTD, laporan internal
Kegagalan sistem mayor, paparan signifikan atau korban	Respons penuh: Klas Kedaruratan Fasilitas, aktivasi seluruh OTD, notifikasi BAPETEN ≤ 1 jam

PROSEDUR PKD (4-8)

Langkah	Kegiatan Utama	Tujuan
1. Deteksi Keadaan Abnormal	<ul style="list-style-type: none">• Alarm aktif (radiasi / sistem interlock)• Indikator panel abnormal• Laporan dari operator	Mengidentifikasi potensi bahaya sejak awal
2. Inisiasi Tanggapan Cepat	<ul style="list-style-type: none">• Tekan Emergency Stop (E-Stop)• Nonaktifkan sistem irradiator• Aktifkan sistem evakuasi (jika diperlukan)	Menghentikan potensi paparan secepatnya
3. Evakuasi Area Terpapar	<ul style="list-style-type: none">• Operator keluar dari ruang iradiasi• Gunakan jalur evakuasi sesuai SOP• Periksa personel lain	Melindungi nyawa dari paparan langsung
4. Isolasi dan Pengamanan Lokasi	<ul style="list-style-type: none">• Pasang rambu dan barikade• Hindari akses keluar masuk sebelum evaluasi• Petugas Proteksi Radiasi (PPR) tiba di Lokasi	Menjaga keselamatan personel lainnya
5. Verifikasi dan Penilaian oleh PPR	<ul style="list-style-type: none">• Ukur dosis dan tingkat radiasi dengan survey meter• Tentukan tingkat keadaan darurat (Waspada / Kedaruratan Fasilitas)	Memberikan dasar teknis untuk tindakan berikutnya

PROSEDUR PKD (5-8)

Langkah	Kegiatan Utama	Tujuan
6. Aktivasi OTD	<ul style="list-style-type: none">• Kepala Penanggulangan Kedaruratan (KPK) mengaktifkan tim teknis, medis, dokumentasi, komunikasi	Menjamin respons terorganisasi dan fungsional
7. Penanganan Korban (Jika Ada)	<ul style="list-style-type: none">• Pemeriksaan medis oleh tim kesehatan• Estimasi dosis jika paparan terjadi• Rujuk ke rumah sakit jika diperlukan	Memberikan perawatan segera & preventif
8. Pelaporan Insiden	<ul style="list-style-type: none">• Laporan internal ke pimpinan• Laporan resmi ke BAPETEN dalam waktu ≤ 1 jam (lisan); ≤ 2 hari kerja (tertulis)• Gunakan formulir pelaporan sesuai regulasi	Memenuhi kewajiban hukum & dokumentasi resmi
9. Investigasi dan Dokumentasi	<ul style="list-style-type: none">• Analisis penyebab utama (<i>root cause</i>)• Catat waktu, dan personel yang terlibat• Gunakan kamera, logbook, dan alat ukur	Membangun rekam jejak untuk audit dan perbaikan

PROSEDUR PKD (6-8)

Langkah	Kegiatan Utama	Tujuan
10. Pemulihan dan Revalidasi Sistem	<ul style="list-style-type: none">• Perbaiki atau ganti sistem interlock• Verifikasi oleh PPR• Lakukan uji fungsi penuh• Catat tindakan korektif dalam RTD	Memastikan sistem kembali aman dan layak digunakan
11. Evaluasi dan Tindakan Perbaikan	<ul style="list-style-type: none">• Tinjau ulang SOP jika perlu• Lakukan pelatihan ulang• Simpan dokumentasi lengkap• Laporkan hasil evaluasi dan tindakan korektif ke BAPETEN	Meningkatkan ketahanan fasilitas di masa depan

PROSEDUR PKD (7-8)

Diagram Alur PKD



PROSEDUR PKD (8-8)

Integrasi Prosedur dalam Rencana Tanggap Darurat (RTD)

Semua langkah di atas harus tercantum dalam dokumen RTD

- Dibagikan kepada seluruh personel terkait
- Diuji secara **berkala melalui latihan (drill/tabletop)**
- Dievaluasi dan diperbarui setiap tahun atau pasca insiden

SIMULASI DISKUSI SKENARIO (1-2)

Skenario:

Sistem interlock gagal, operator masuk saat mesin masih aktif.

- Apa tindakan pertama operator?
- Siapa yang harus dihubungi?
- Bagaimana Penanggulangannya?

SIMULASI DISKUSI SKENARIO (2-2)

RESPONS

Operator tekan E-Stop → keluar area segera → hubungi PPR & KPK

PPR (ber-APD) survei paparan → rekomendasikan kelas kedaruratan kepada KPK (Waspada / Kedaruratan Fasilitas)

KPK menetapkan kelas kedaruratan → aktifkan OTD → evakuasi personel & isolasi sistem iradiator

Tim medis periksa korban → estimasi dosis akut → rujuk RS jika paparan signifikan

Tim komunikasi: notifikasi BAPETEN ≤ 1 jam (lisan) → laporan tertulis ≤ 2 hari kerja

Terima Kasih

