

DASAR PROTEKSI RADIASI

**Pelatihan Petugas Keahlian pada Fasilitas
Radioisotop & Radiofarmaka dari Reaktor
Angkatan II**

Afida Ikawati



BIODATA

Haloo...
Saya AFI



Kawasan Nuklir Bandung (KNB)
Direktorat Pengelolaan Fasilitas
Ketenaganukliran (DPFK)
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Teknik Lingkungan



Pelatihan Penyegaran Petugas Proteksi Radiasi Instalasi Nuklir (2023)

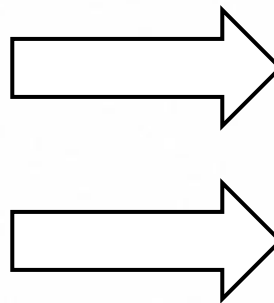
ITC on Nuclear / Radiological Emergency Preparedness – JAEA (2023)



LATAR BELAKANG



- Alat pembangkit radiasi
- Zat Radioaktif



- Radiasi eksternal
- Radiasi eksternal dan internal



Proteksi dan Keselamatan Radiasi

TUJUAN PEMBELAJARAN

Kompetensi Dasar

- Menjelaskan penerapan keselamatan radiasi dan pengendalian bahaya radiasi **eksterna & interna**

Indikator Keberhasilan

- Menjelaskan Tujuan Dasar Keselamatan Radiasi
- Menjelaskan Prinsip Proteksi Radiasi
- Menjelaskan Konsep Nilai Batas Dosis (NBD) dan Nilai Pembatas Dosis (NPD) pada Pekerja Radiasi
- Menjelaskan Sumber Radiasi Eksterna & Interna
- Menjelaskan Pengendalian Radiasi Eksterna & Interna
- Hak & Kewajiban Pekerja Radiasi

POKOK BAHASAN

Definisi



Proteksi Radiasi Eksterna & Interna



Penanganan Limbah



Prinsip Proteksi Radiasi



Hak & Kewajiban Pekerja Radiasi



1 DEFINISI

DEFINISI KESELAMATAN RADIASI

Kondisi dimana manusia & lingkungan hidup

Peraturan Pemerintah
No. 45 Tahun 2023

terlindungi dari efek radiasi pengion yang berbahaya

melalui tindakan **proteksi radiasi**



Tujuan Keselamatan Radiasi:

- Melindungi pekerja, pasien, anggota masyarakat dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi pengion



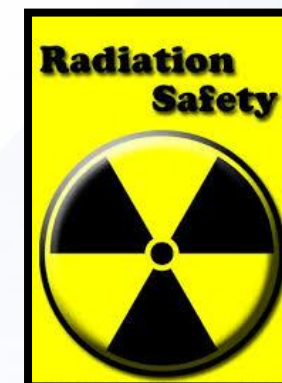
DEFINISI PROTEKSI RADIASI

Peraturan Pemerintah
No. 45 Tahun 2023

Tindakan yang dilakukan untuk

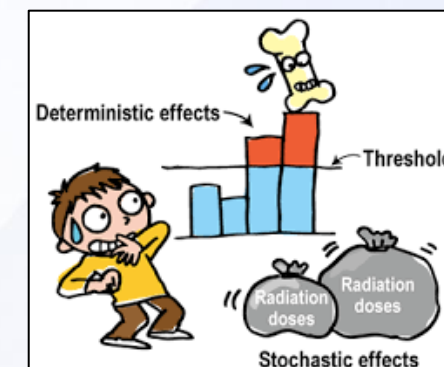
melindungi manusia dan lingkungan hidup

dari paparan **radiasi pengion**



Tujuan Proteksi Radiasi:

- Mencegah terjadinya efek deterministik
- Membatasi peluang terjadinya efek stokastik



DEFINISI KESELAMATAN RADIASI

Perka BAPETEN No. 4
Tahun 2013

Tindakan yang dilakukan untuk

melindungi pekerja, anggota masyarakat & lingkungan hidup

dari **bahaya radiasi**



Tujuan Keselamatan Radiasi:

- Melindungi pekerja, anggota Masyarakat & lingkungan hidup dari bahaya radiasi



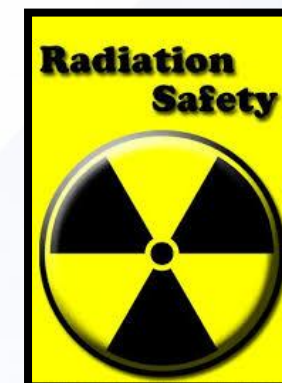
DEFINISI PROTEKSI RADIASI

Tindakan yang dilakukan untuk

mengurangi pengaruh radiasi yang merusak

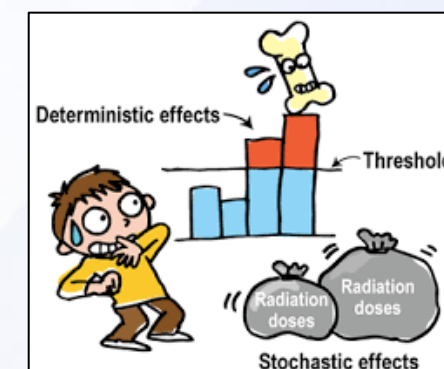
akibat **paparan radiasi**

Perka BAPETEN No. 4
Tahun 2013



Tujuan Proteksi Radiasi:

- Mencegah terjadinya efek deterministik
- Membatasi peluang terjadinya efek stokastik



DEFINISI PAPARAN RADIASI

Paparan Terencana

- kondisi adanya paparan dari sumber radiasi pengion yang berasal dari pengoperasian atau kegiatan yang telah direncanakan sebelumnya

Paparan Darurat

- kondisi adanya paparan dari Sumber Radiasi Pengion sebagai akibat kecelakaan, tindak kejahatan, atau kejadian lain yang tidak direncanakan yang mengakibatkan paparan berlebih.

Paparan Eksisting

- kondisi adanya paparan Radiasi Pengion yang telah ada sebelum dan pada saat ditetapkan tindakan pengendalian

DEFINISI PAPARAN RADIASI

Meliputi:

Paparan Terencana

- Proteksi Radiasi
- Persyaratan keselamatan dalam instalasi / fasilitas dan kegiatan lainnya

Paparan Darurat

- Kesiapsiagaan
- Penanggulangan kedaruratan
- Rehabilitasi dan rekonstruksi

Paparan Eksisting

- Identifikasi mengenai pemilik sumber radiasi pengion dan penanggung jawab lokasi

PAPARAN TERENCANA

Proteksi Radiasi

- Prinsip Proteksi Radiasi
- Proteksi Radiasi pada Paparan Kerja
- Proteksi Radiasi pada Paparan Medik
- Proteksi Radiasi pada Paparan Publik
- Kajian Keselamatan
- Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi

Persyaratan Keselamatan dalam instalasi / fasilitas & kegiatan lainnya

- untuk pencegahan dan mitigasi kecelakaan didasarkan atas prinsip:
 - kaidah rekayasa yang baik (*good engineering practice*)
 - sistem pertahanan berlapis

DEFINISI PAPARAN RADIASI

Paparan Kerja

- paparan Radiasi Pengion yang diterima oleh pekerja selama menjalankan pekerjaannya

Paparan Medik

- paparan yang diterima oleh pasien akibat diagnosis atau pengobatan medik, pendamping pasien, dan sukarelawan uji klinis dalam program penelitian biomedik

Paparan Publik

- paparan yang diterima oleh anggota masyarakat dari Sumber Radiasi Pengion dalam Paparan Terencana, Paparan Darurat, dan Paparan Eksisting.

2 PRINSIP PROTEKSI RADIASI

PRINSIP PROTEKSI RADIASI

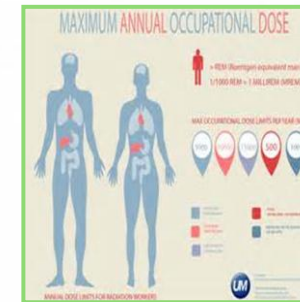


Justifikasi

- Manfaat >>> risiko

Limitasi

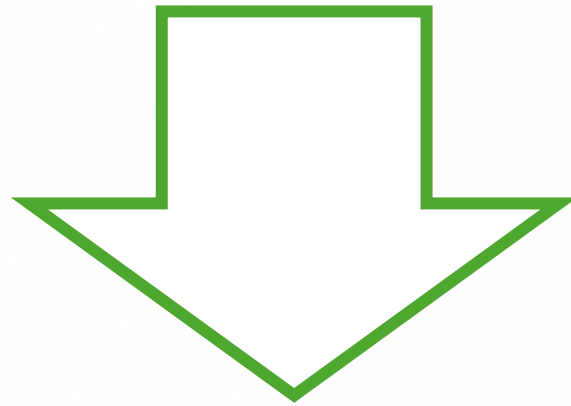
- Penerapan NBD pekerja dan masyarakat
- Tidak termasuk penyinaran alam dan medik



Optimisasi

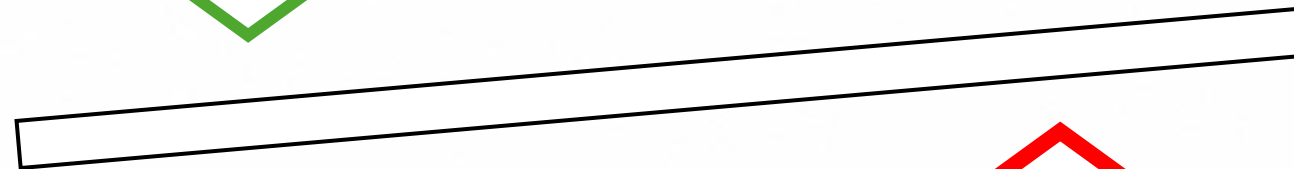
- ALARA
- Ekonomi dan sosial

PRINSIP PROTEKSI RADIASI (JUSTIFIKASI)



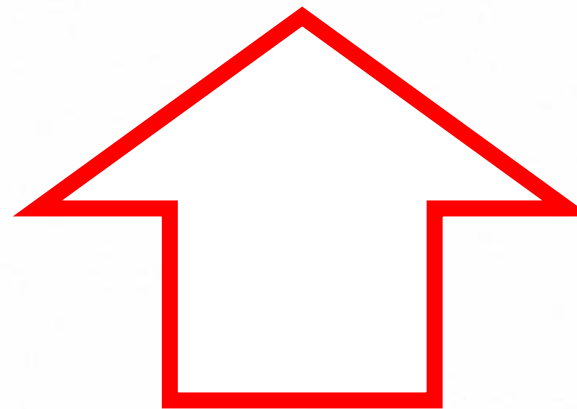
Risiko

- Efek Stokastik
- Efek deterministik



Manfaat

- Industri, Kesehatan
- Tidak ada metode lain



Mempertimbangkan :

- adanya penerapan teknologi lain, risiko yang ditimbulkan lebih kecil dari jenis Pemanfaatan Tenaga Nuklir yang sudah ada;
- ekonomi, sosial, kesehatan dan keselamatan; serta
- pengelolaan limbah radioaktif dan dekomisioning

PRINSIP PROTEKSI RADIASI (LIMITASI)

Pengertian Nilai Batas Dosis:

- Dosis terbesar diizinkan BAPETEN
- Waktu tertentu
- Tanpa efek berarti

Nilai NBD



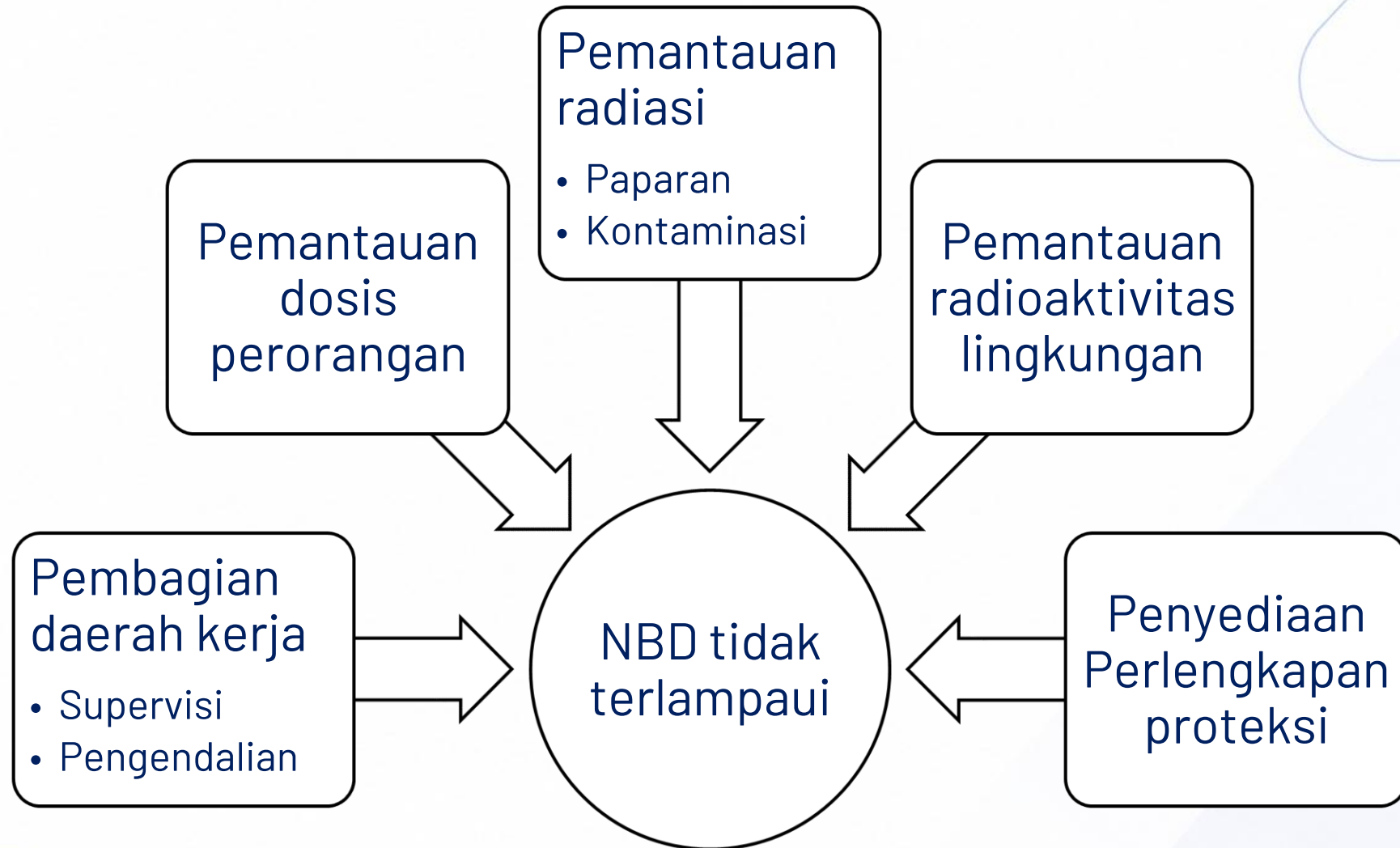
Pekerja

- E rerata = 20 mSv/tahun untuk 5 tahun
- E = 50 mSv untuk 1 tahun tertentu
- H mata = 20 mSv/tahun untuk 5 tahun
- H kulit = 500 mSv

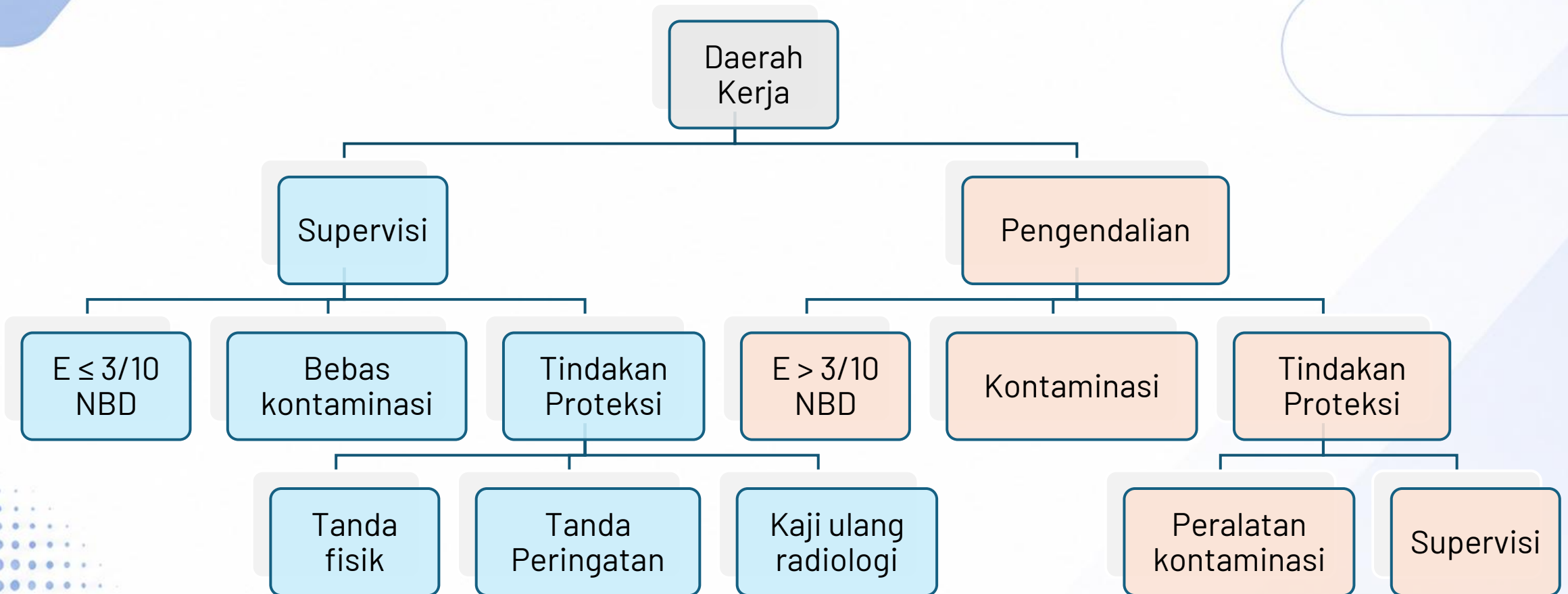
Masyarakat

- E = 1 mSv per tahun
- H mata = 15 mSv
- H kulit = 150 mSv

UPAYA LIMITASI DOSIS



PEMBAGIAN DAERAH KERJA



DAERAH PENGENDALIAN (1)

menandai dan **membatasi** Daerah Pengendalian yang ditetapkan dengan **tanda fisik** yang jelas atau tanda lainnya;

memasang atau **menempatkan tanda peringatan** atau petunjuk pada titik akses dan lokasi lain yang dianggap perlu di dalam Daerah Pengendalian;

DAERAH PENGENDALIAN (2)

memastikan akses ke Daerah Pengendalian :
hanya untuk Pekerja Radiasi; dan pengunjung yang masuk ke Daerah Pengendalian didampingi oleh Petugas Proteksi Radiasi;

menyediakan peralatan pemantauan dan peralatan protektif radiasi; dan/atau

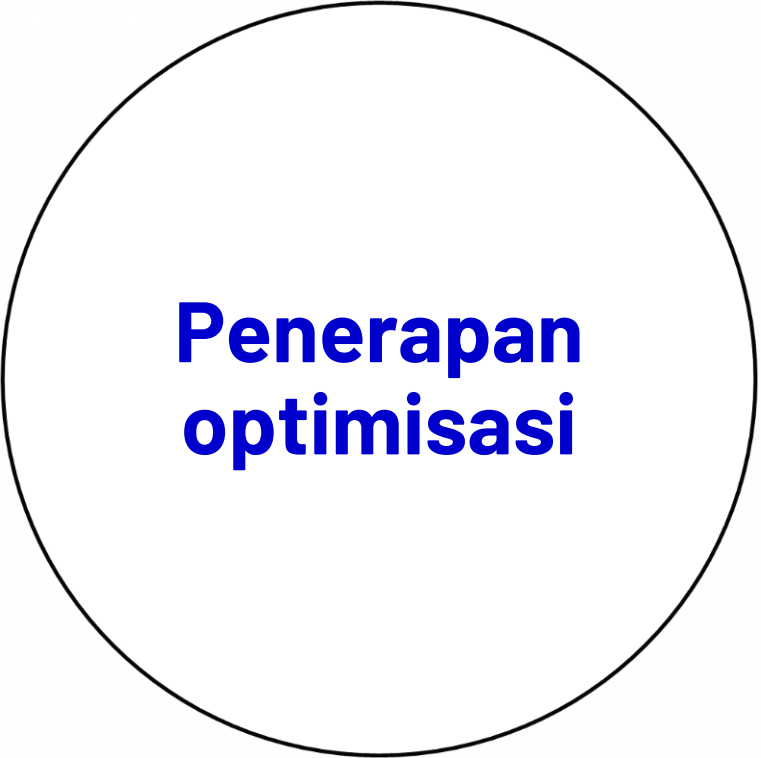
DAERAH PENGEDALIAN (3)

menyediakan sarana pada pintu keluar Daerah Pengendalian, yang meliputi:

- ❖ peralatan pemantauan kontaminasi kulit, dan pakaian;
- ❖ peralatan pemantau kontaminasi terhadap benda atau zat yang dipindahkan dari Daerah Pengendalian;
- ❖ fasilitas mencuci dan mandi untuk dekontaminasi; dan/
- ❖ tempat penyimpanan untuk peralatan dan peralatan protektif radiasi yang terkontaminasi

PRINSIP PROTEKSI RADIASI (OPTIMISASI)

Penyinaran harus diusahakan serendah-rendahnya yang memenuhi kelayakan dengan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (**ALARA**).



**Penerapan
optimisasi**

Pembatas dosis

- Pekerja
- Masyarakat

OPTIMISASI (PEMBATAS DOSIS)



Pekerja

- Ditetapkan Pemegang Izin
- Berdasarkan hasil evaluasi dosis dan beban kerja
- Ditinjau ulang
- Diuraikan dalam Program Proteksi
- \leq NBD



Masyarakat

- Nilai Ditetapkan dalam Peraturan
- 0,3 mSv

PEMBATAS DOSIS (*DOSE CONSTRAINT*)

Tujuan:

Nilai dari dosis individu yang tidak dapat dilampaui dalam prediksi distribusi dosis individu yang dihasilkan dari proses optimisasi tertentu

Contoh: Pembatas Dosis untuk Kegiatan Reaktor

→ 15 mSv

3 **PROTEKSI RADIASI EKSTERNA & INTERNA**

PROTEKSI & KESELAMATAN RADIASI



Proteksi Radiasi Eksterna

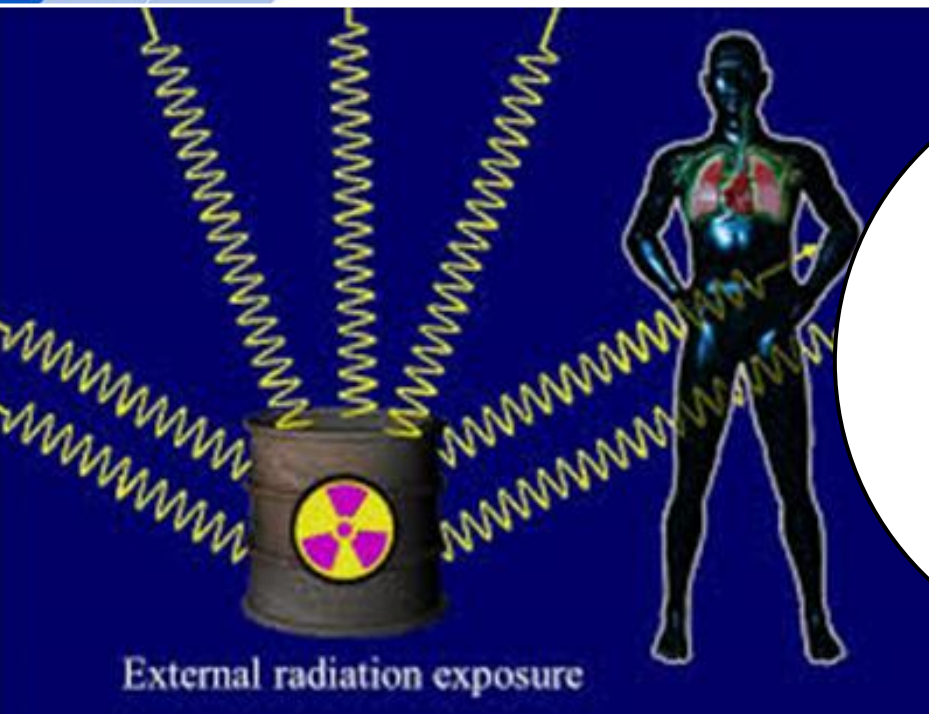
- Sumber Radiasi Eksterna
- Pengendalian Bahaya Radiasi Eksterna



Proteksi Radiasi Interna

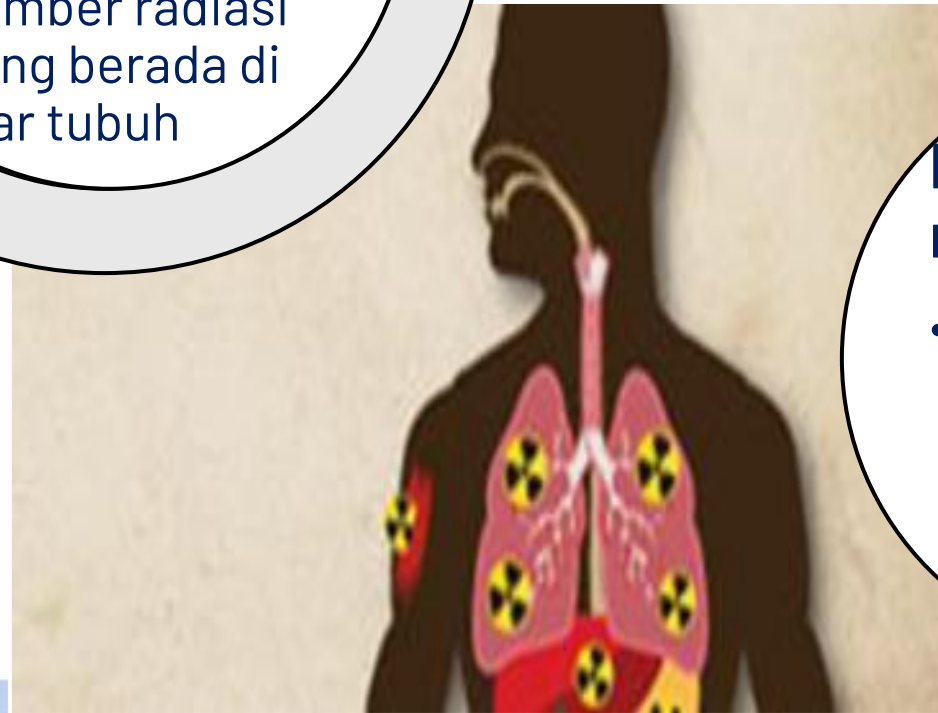
- Sumber Radiasi Interna
- Pengendalian Bahaya Radiasi Interna

PAPARAN RADIASI EKSTERNA & INTERNA



Paparan radiasi eksternal

- Paparan yang berasal dari sumber radiasi yang berada di luar tubuh



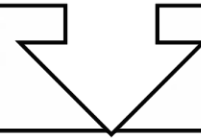
Paparan radiasi interna

- Paparan yang berasal dari zat radioaktif yang berada di dalam tubuh

SUMBER RADIASI EKSTERNA

Potensi Bahaya

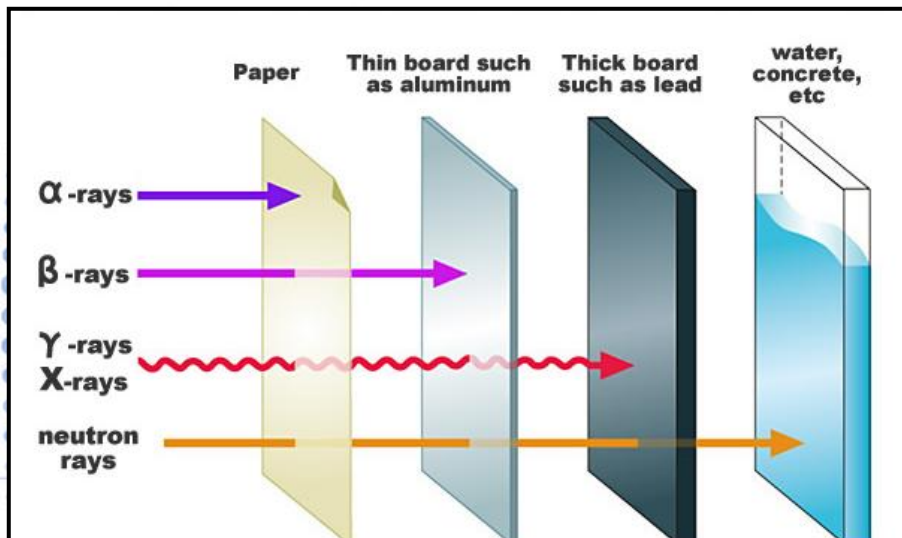
Jenis radiasi, daya ionisasi dan daya tembus



Radiasi eksternal

Daya tembus menentukan potensi bahaya

↓ Alpha - Beta - Gamma - Neutron ↑



Daya tembus berbagai jenis radiasi

Jenis Radiasi	Bahaya Relatif Radiasi Eksterna
alpha	Sangat Kecil
beta	Kecil
Sinar-X	Besar
gamma	Besar
Neutron	Sangat besar

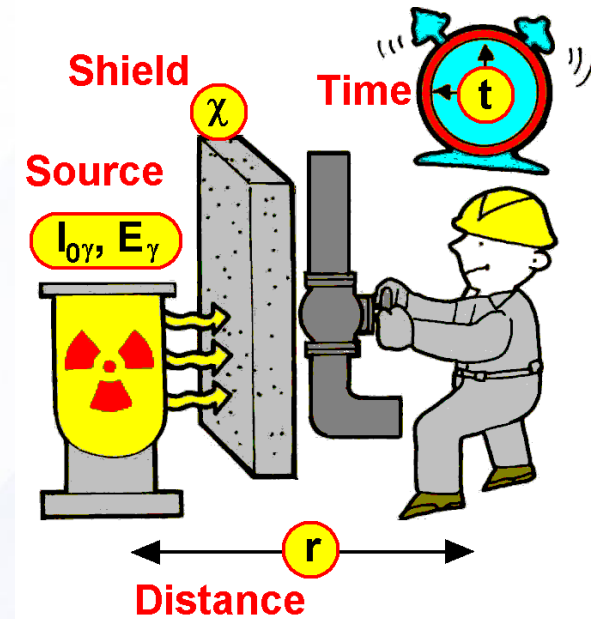
PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Paparan radiasi eksternal

- Paparan dari sumber radiasi yang berada di luar tubuh

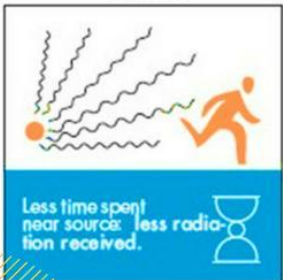
Faktor Pengendalian

- Waktu
- Jarak
- Penahan

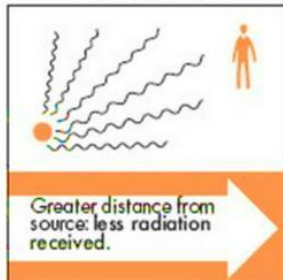


Principles of Radiation Protection

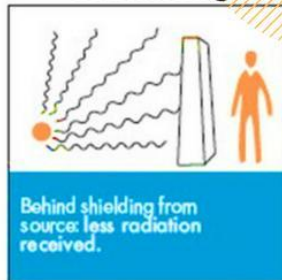
Time



Distance

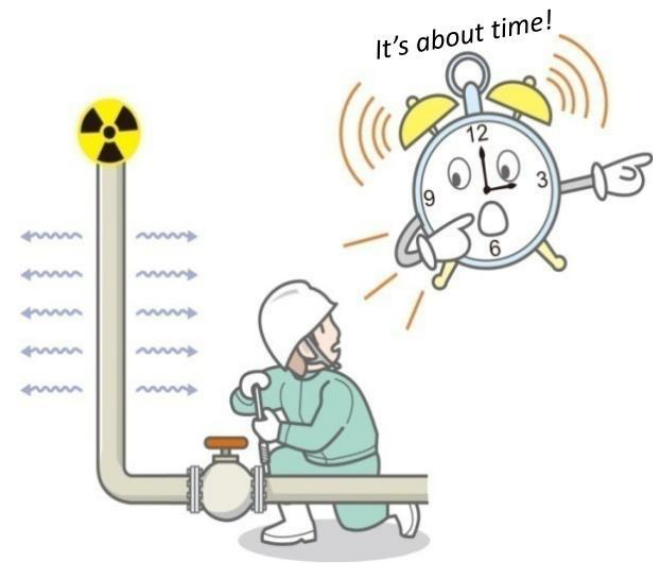


Shielding

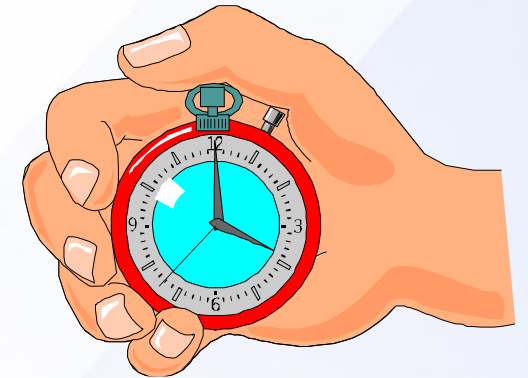


PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA (FAKTOR WAKTU)

Dosis yang diterima **sebanding linear** dengan lamanya **waktu** terpapar radiasi



$$D = \dot{D} \cdot t$$



Keterangan:

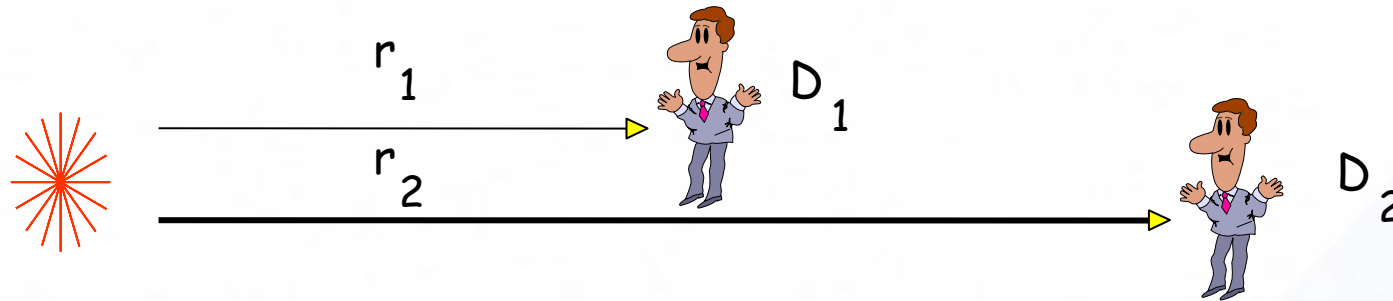
D : dosis

\dot{D} : laju dosis

t : waktu

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA (FAKTOR JARAK)

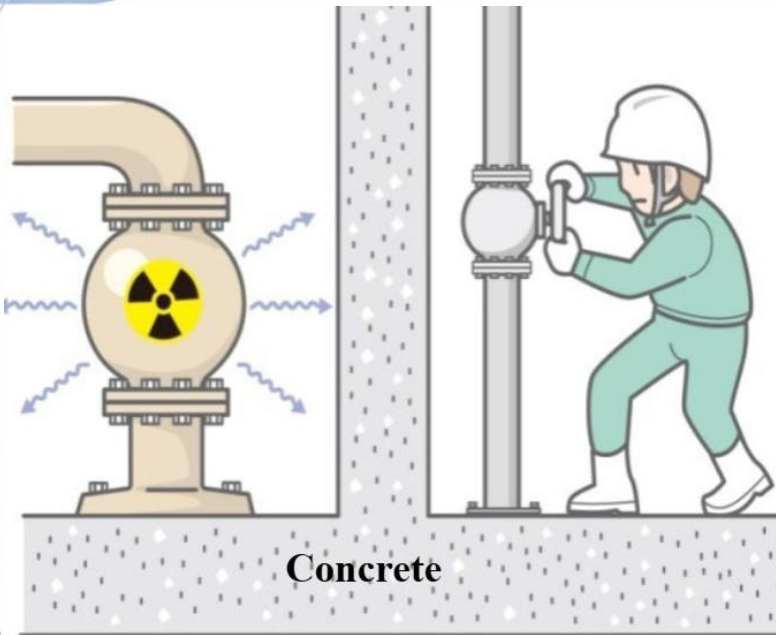
Hukum kuadrat terbalik : $D = \frac{k}{r^2}$



$$D_1 \cdot r_1^2 = D_2 \cdot r_2^2$$

Laju dosis **berbanding terbalik** dengan kuadrat jarak

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA (PENAHAN RADIASI)

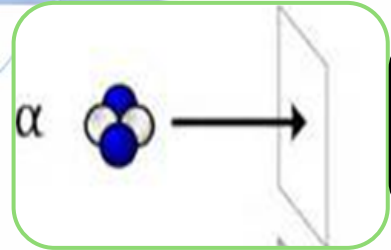


- Penahan: Penahan Radiasi Tetap atau APD berupa apron.
- Dengan menaikkan ketebalan *shielding*, maka akan mengurangi dosis yang diterima.

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

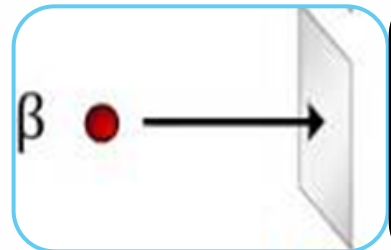
Memasang penahan radiasi - laju dosis berkurang
Jenis bahan penahan disesuaikan dengan jenis radiasi

(PENAHAN RADIASI)



Alpha (α)

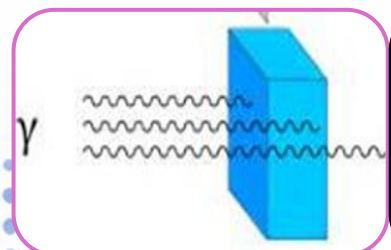
Di udara jangkauan pendek, dapat dihentikan selembat kertas



Beta (β)

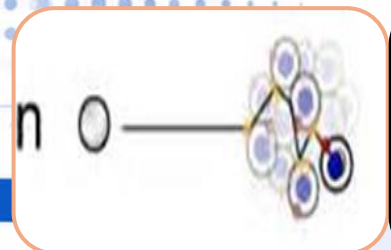
Ditentukan dari jangkauan maksimum dalam bahan penahan (mg/cm^2) - kurva ; radiasi beta berenergi tinggi - sinar-X

Nomor atom rendah (leucite, Al) dilapisi bahan nomor atom tinggi



Gamma (γ)

Tidak diserap seluruhnya oleh bahan dan mengalami atenuasi
Nomor atom dan densitas tinggi (Pb, beton, Fe)

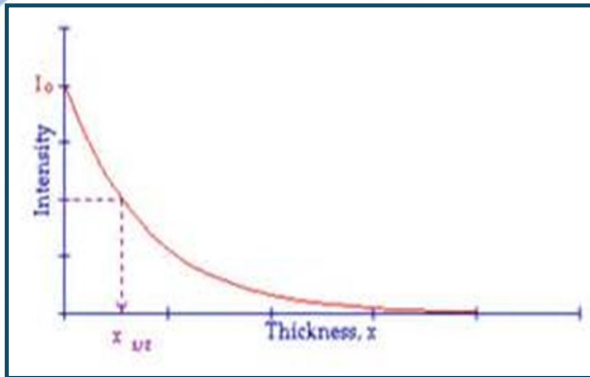


Neutron (n)

Dapat diserap oleh penahan, penurunan energi/perlambatan, dan diikuti proses penangkapan neutron

Nomor massa rendah, penangkapan neutron tinggi

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA (PENAHAN RADIASI GAMMA)



Penurunan intensitas radiasi gamma setelah melalui penahan mengikuti persamaan:

$$I = I_0 \times e^{-\mu x}$$

Jika: $x = \text{HVL}$

$$\text{HVL} = \frac{0,693}{\mu}$$

I : Intensitas radiasi setelah melalui penahan

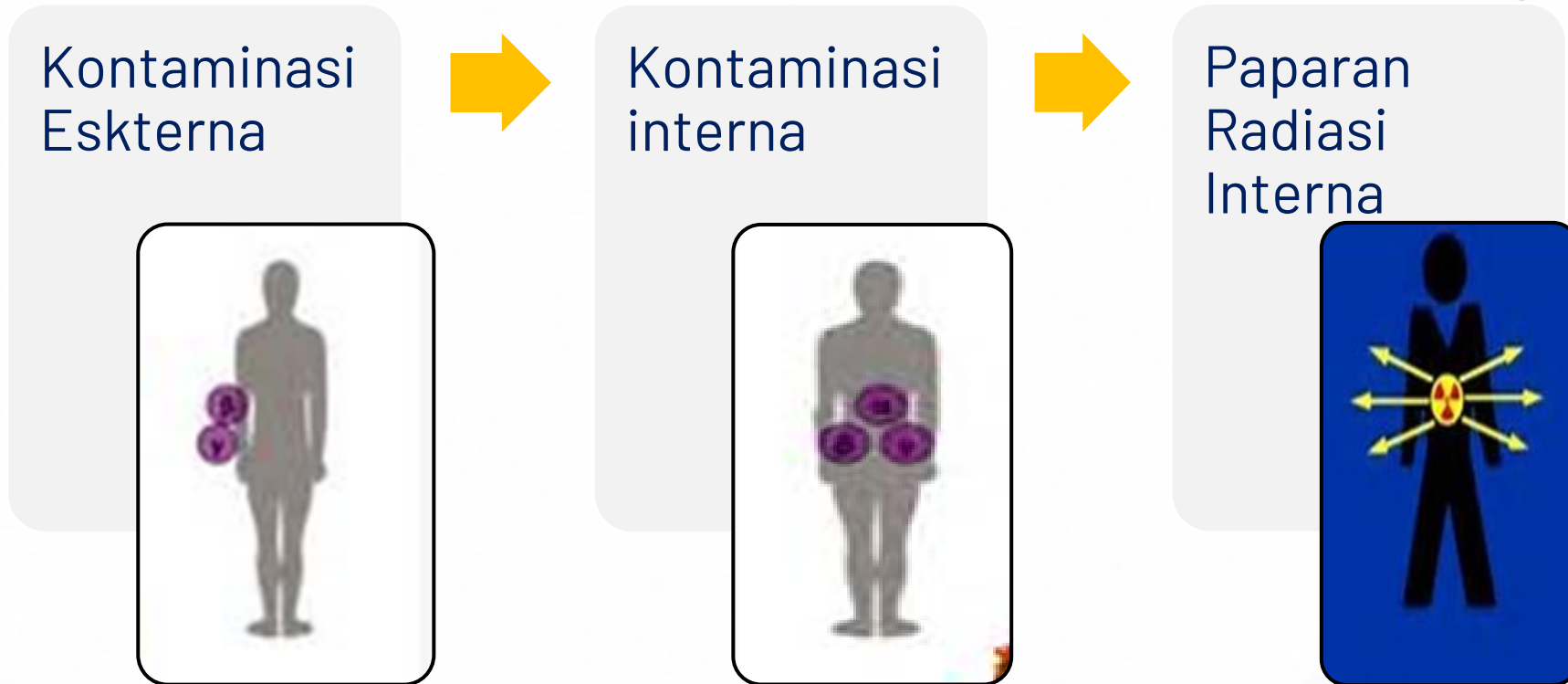
I₀ : Intensitas radiasi mula-mula (sebelum melalui penahan)

μ : koefisien atenuasi

x : ketebalan penahan

HVL : *Half Value Layer*, ketebalan yang dibutuhkan agar intensitas setelah melalui penahan menjadi setengah dari intensitas mula-mula

PROSES PAPARAN RADIASI INTERNA

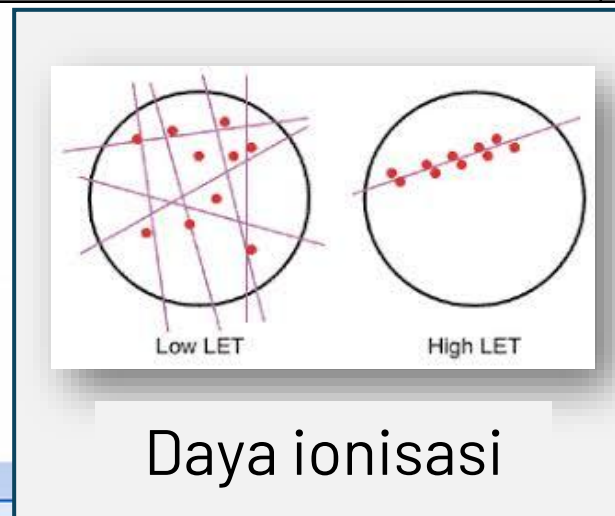


Kontaminasi:

Keberadaan zat radioaktif di tempat yang tidak seharusnya dan berpotensi menyebabkan terjadinya paparan radiasi interna

POTENSI PAPARAN RADIASI INTERNA

Jenis Kontaminasi	Daya Ionisasi	Bahaya Relatif Radiasi Interna
Alpha	besar	Tinggi
Beta	< dari alpha	Sedang
Gamma	< dari alpha atau beta	Rendah
Neutron	> Dari gamma	Sedang - Tinggi



BAHAYA RADIASI INTERNA

Jalur masuk ZRA

- Pernafasan
- Pencernaan
- Absorpsi kulit



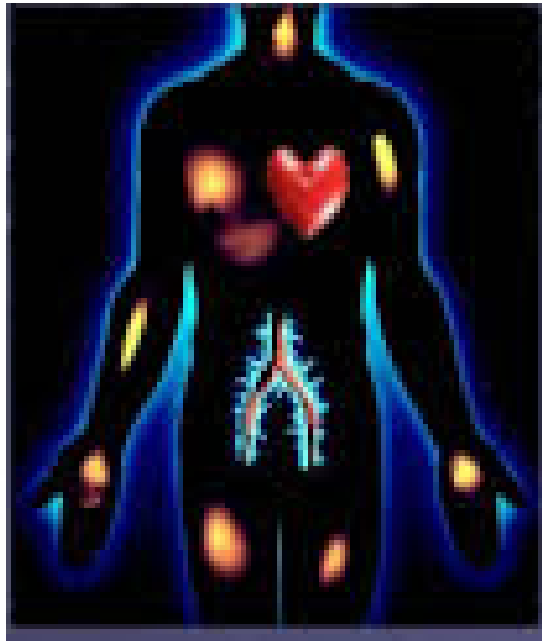
Kecepatan ekskresi ZRA dipengaruhi oleh:

- Metabolisme
- Umur paruh efektif:
 - Umur paruh fisik
 - Umur paruh biologi

BAHAYA RADIASI INTERNA

Organ kritis:

- Organ yang mengakumulasi terbanyak ZRA yang masuk ke dalam tubuh



Radionuklida	Organ Kritis
I-131	Tiroid
Sr-90	Tulang
Cs-137	Otot
Ir-192	Jaringan lunak

PENGENDALIAN RADIASI INTERNA

1. Sumber Radioaktif

- Pembatasan penggunaan ZRA
- Pembatasan penyebaran ZRA



4 HAK & KEWAJIBAN PEKERJA RADIASI

TANGGUNG JAWAB PEKERJA RADIASI



mematuhi prosedur operasi;

mengikuti pemantauan kesehatan dan pemantauan dosis perorangan;

mengikuti pendidikan dan pelatihan;

menggunakan peralatan pemantau dosis perorangan dan peralatan protektif radiasi;

menginformasikan kepada Pemegang Izin tentang riwayat pekerjaan; dan

menyampaikan masukan kepada Petugas Proteksi Radiasi

HAK & KEWAJIBAN PEKERJA RADIASI

Pemantauan Dosis Personel (Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013)

Pekerja Radiasi

PEMANTAUAN DOSIS

- (1) Pemegang Izin dalam melakukan pemantauan dosis yang diterima Pekerja Radiasi dilaksanakan melingkupi Paparan **Radiasi eksternal** dan Paparan **Radiasi internal**.
- (2) Pemantauan dosis yang dilaksanakan untuk Paparan Radiasi eksternal harus dilakukan oleh Pemegang Izin paling sedikit:
1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan, apabila menggunakan peralatan pemantauan dosis perorangan jenis (*TLD*) badge;
- (3) Pemantauan Dosis Internal *in-Vivo* (WBC) atau *In-Vitro* (*bioassay*)

HAK & KEWAJIBAN PEKERJA RADIASI

Pemantauan Kesehatan (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)

Pemeriksaan Kesehatan

- Sebelum bekerja
- Selama bekerja (periodik 1 tahun sekali)
- Akan berhenti bekerja

Sebelum Bekerja

- Memastikan Pekerja mampu melaksanakan tugas
- Data status kesehatan awal
- Klasifikasi status kesehatan awal

Konseling

- Psikologi
- Konsultasi

Selama Bekerja

- Memantau kondisi kesehatan

Penatalaksanaan Kesehatan

- Kajian dosis
- Konseling
- Pemeriksaan kesehatan dan tindak lanjut

Akan Berhenti Bekerja

- Menentukan kondisi kesehatan pada saat akan berhenti bekerja

HAK & KEWAJIBAN PEKERJA RADIASI

Konseling (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)



- a. pekerja wanita yang sedang hamil atau diduga hamil;
- b. pekerja wanita yang sedang menyusui;
- c. pekerja yang menerima Paparan Radiasi Berlebih; dan
- d. pekerja yang berkehendak mengetahui tentang Paparan Radiasi yang diterimanya

HAK & KEWAJIBAN PEKERJA RADIASI

Penatalaksanaan Kesehatan (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)

Eksterna

- dosimeter personel
- rekonstruksi dosis

Interna

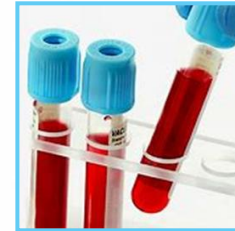
- In vitro
- In vivo

Kajian Dosis

Konfirmasi Dosis

- Aberasi kromosom
- Limfosit absolut
- Darah lengkap

Dosis > 0,2 Gy



Jenis Pemeriksaan Kesehatan

Umum

- anamnesis;
- riwayat penyakit dan keluarga;
- pemeriksaan fisik; dan
- pemeriksaan laboratorium
- Khusus
 - pemeriksaan darah lengkap;
 - pemeriksaan sperma; dan/atau
 - pemeriksaan aberasi kromosom.

Pemeriksaan Kesehatan

HAK & KEWAJIBAN PEKERJA RADIASI

Pendidikan & Pelatihan (Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013)



- peraturan perundang-undangan ketenaganukliran;
- sumber radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir;
- efek biologi radiasi;
- satuan dan besaran radiasi;
- prinsip proteksi dan keselamatan radiasi;
- alat ukur Radiasi; dan
- tindakan dalam keadaan kedaruratan

5 PENGELOLAAN LIMBAH

DEFINISI LIMBAH

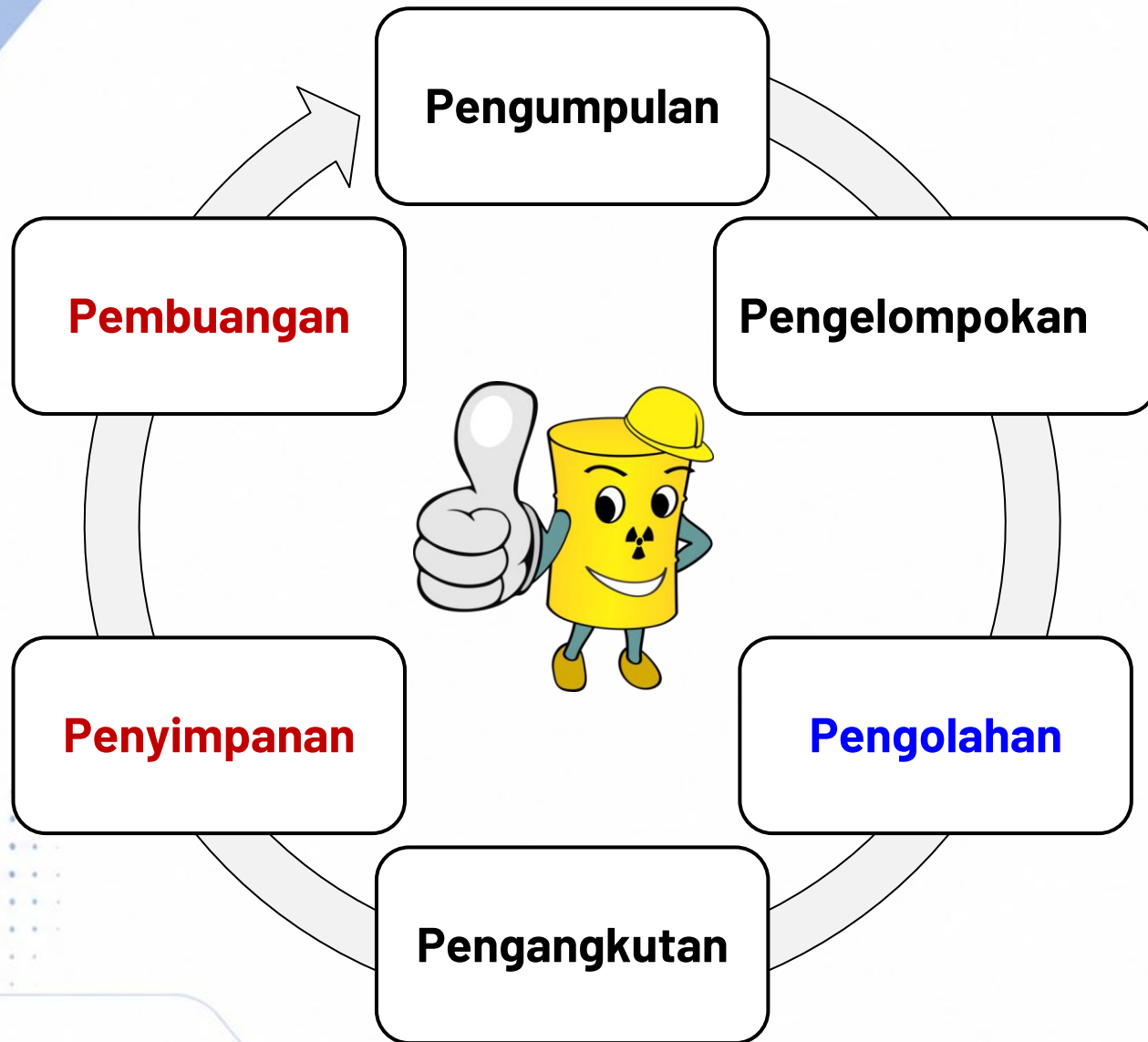
Limbah Radioaktif

- **zat radioaktif** dan bahan serta **peralatan** yang telah terkena **zat radioaktif** atau menjadi **radioaktif** karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan lagi

B3

- bahan yang karena **sifat** dan atau **konsentrasinya** dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya

PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF



↓
Pengumpulan dan
Pengelompokan

↓
Penyerahan Ke Pengelola
Limbah Radioaktif



















PENGELOLAAN LIMBAH B3

- Dilakukan Pendataan oleh Penimbul berdasarkan Label, jika tidak terdapat label maka dilakukan karakterisasi;
- Dilakukan pewadahan sesuai WAC: Padatan, ditaruh dalam drum HDPE atau Box Karton Cairan, dalam HDPE dan dipastikan stabil
- Dilakukan pengiriman melalui jasa pihak ke-3;
- Dilakukan pengelolaan pihak ke-3 yang berizin, Contoh : PPLI, BCI



PENGELOLAAN LIMBAH B3

Penyimpanan & Transportasi

	 CAIRAN MUDAH MENYALA	 PADATAN MUDAH MENYALA	 REAKTIF	 MUDAH MELEDAK	 BERACUN	 KOROSIF	 INFEKSIUS	 BERBAHAYA TERHADAP LINGKUNGAN
 CAIRAN MUDAH MENYALA	C	C	C	X	X	C	C	T
 PADATAN MUDAH MENYALA	C	C	C	C	X	T	C	T
 REAKTIF	C	C	C	C	X	T	C	T
 MUDAH MELEDAK	X	C	C	C	X	T	C	T
 BERACUN	X	X	X	X	C	X	C	T
 KOROSIF	C	T	T	T	X	C	C	T
 INFEKSIUS	C	C	C	C	C	C	C	C
 BERBAHAYA TERHADAP LINGKUNGAN	T	T	T	T	T	T	C	C

1. C = Cocok; Karakteristik Limbah B3 dapat dikelompokkan dengan karakteristik Limbah B3 yang lain
2. T = Terbatas; Dapat dikelompokkan dengan karakteristik Limbah B3 lain dengan volume terbatas.
3. X = Dilarang; Limbah B3 tidak dapat dikelompokkan dengan karakteristik Limbah B3 yang lain.

Terima Kasih

Atas Perhatian Anda

