

DASAR PROTEKSI RADIASI

Bisma Barron Patrianesha, M.Si.

Pelatihan Penyegaran Petugas Iradiator

Acknowledge: Pusdiklat BATAN (2018); Mahrus Salam

Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN - 2026

Proteksi Radiasi itu sederhana!!

*Semudah
nyeruput kopi!!*





Belajar proteksi radiasi itu unik—
yang tidak terlihat justru harus diawasi.

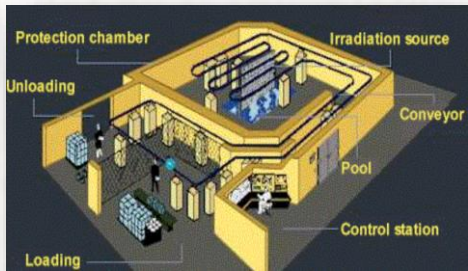
Dulu takut sama hantu,
sekarang lebih waspada sama radiasi.

Teman lain hitung kalori nasi,
kita hitung dosis radiasi.

1

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG



- Alat pembangkit radiasi

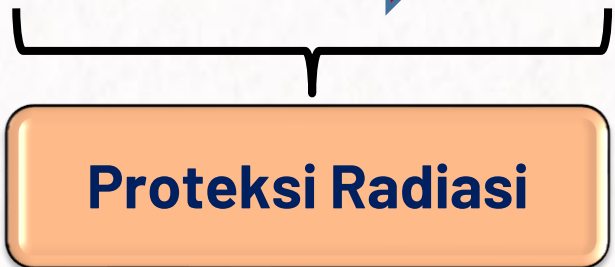


- Radiasi eksternal

- Zat Radioaktif



- Radiasi eksternal dan interna



TUJUAN PEMBELAJARAN

Kompetensi Dasar

Menjelaskan Penerapan keselamatan radiasi dan pengendalian bahaya radiasi eksternal dan internal

Indikator Keberhasilan

Menjelaskan Jenis Paparan Radiasi

Menjelaskan Persyaratan Keselamatan (Manajemen)

Menjelaskan Persyaratan Proteksi Radiasi

Menjelaskan Sumber Radiasi Interna dan Eksterna

Menjelaskan Pengendalian Bahaya Radiasi Interna dan Eksterna

Hak dan Kewajiban Pekerja Radiasi

POKOK BAHASAN

Jenis Paparan Radiasi

Persyaratan Keselamatan (Manajemen)

Hak dan Kewajiban Pekerja Radiasi

Persyaratan Proteksi Radiasi

Sumber Radiasi Eksterna dan Pengendalian Radiasi Eksterna

Sumber Radiasi Interna dan Pengendalian Radiasi Interna

Biodata

S2 Fisika Medis
Univ. Indonesia



**Pengembang Teknologi
Nuklir – Ahli Muda**

Bisma Barron Patrianesha
bism001@brin.go.id



**PPR Instalasi Nuklir
(2012-sekarang)**

**PPR Medik Tk.1
(2015-sekarang)**

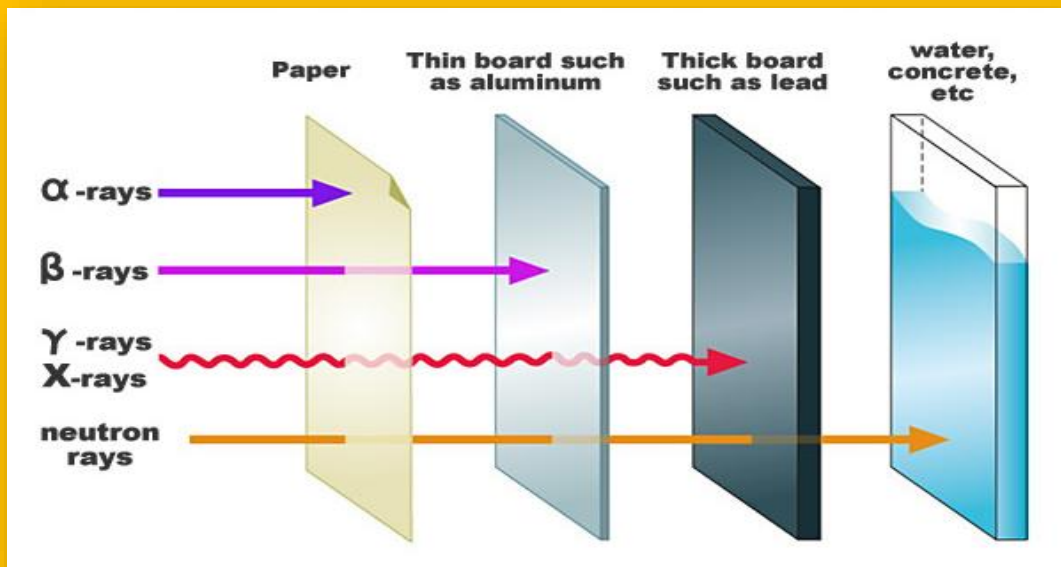
- Penyusun Modul Proteksi Radiasi - BRIN
- Penyusun Modul Pelatihan Siklotron - BRIN
- Pengajar pelatihan sertifikasi - BRIN
- Peserta IAEA Safety Leadership Training
- Lead auditor ISO 9001:2015

Publikasi (Dosimetry and Radiopharmacokinetics)

- *Uncertainty Analysis of Time-Integrated Activity Coefficient in Single-Time-Point Dosimetry Using Bayesian Fitting Method, NMMI – Q3 (2024)*
- *Single-time-point dosimetry using model selection and the Bayesian fitting method: A proof of concept, Physica Medica Q1 (2025)*
- *Few-time-points time-integrated activity coefficients calculation using non-linear mixed-effects modeling: Proof of concept for [111In] In-DOTA-TATE in kidneys, Physica Medica Q1 (2025)*
- *Dose Distribution Prediction by Machine Learning (Random Forest): Impact of Data Specificity in Cervical Cancer IMRT (Atom Indonesia, Q3, Accepted 2025)*

Bisma Barron P.

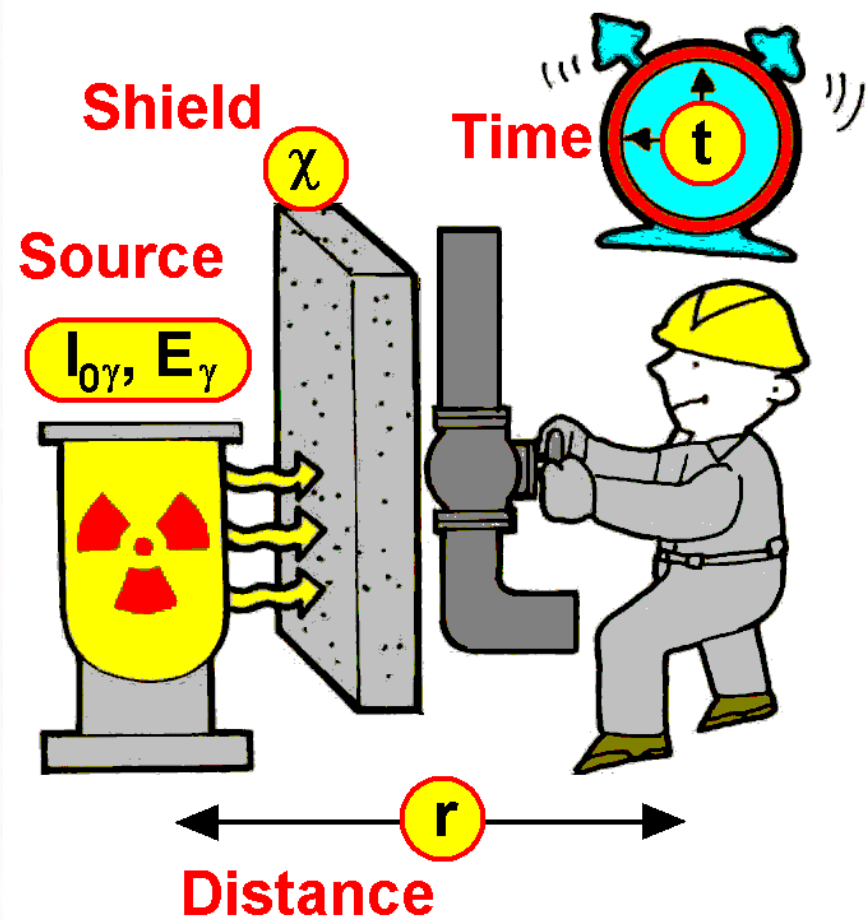
RADIASI EKSTERNA



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



3 Prinsip Pengendalian Radiasi Eksterna:

Principles of Radiation Protection


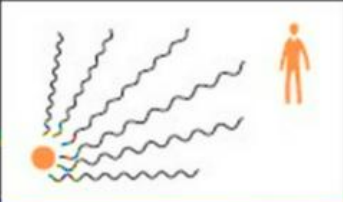
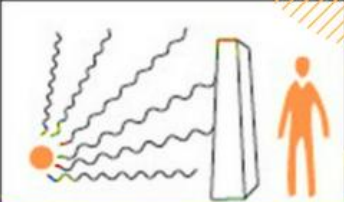
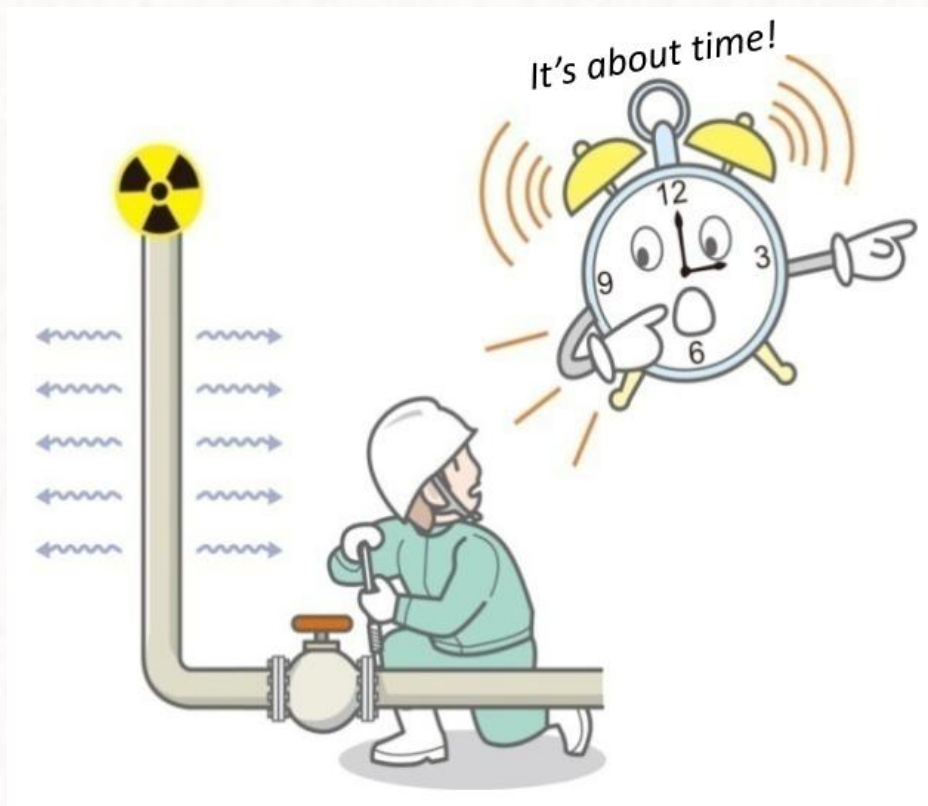
| Waktu | Jarak | Penahan |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Less time spent near source: less radiation received.</p> |  <p>Greater distance from source: less radiation received.</p> |  <p>Behind shielding from source: less radiation received.</p> |

Image courtesy of the Centers for Disease Control and Prevention

www.EPA.gov/Radiation/Protecting-Yourself-Radiation

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Prinsip "WAKTU"



Semakin lama waktu eksposi maka semakin besar nilai dosis yang diterima, dan sebaliknya.

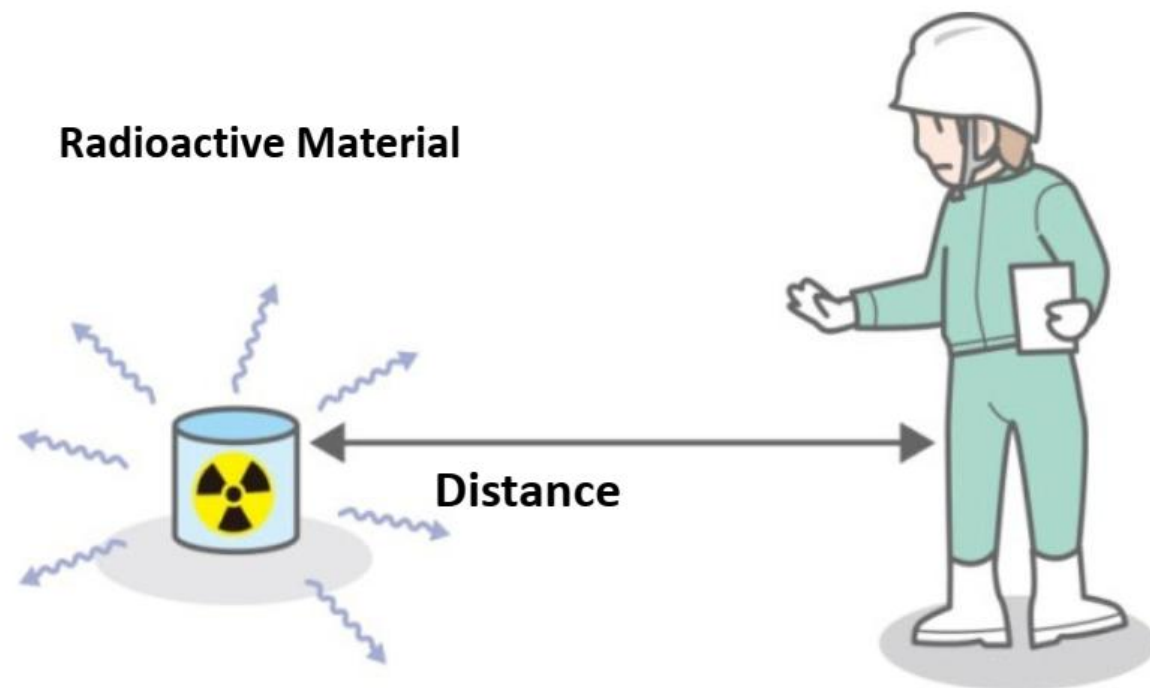


"Prinsipnya sederhana:
makin cepat makin aman.

Jadi kerja cepat itu bukan
karena dikejar bos, tapi
dikejar 'dosis'!" ⚡

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Prinsip "JARAK"



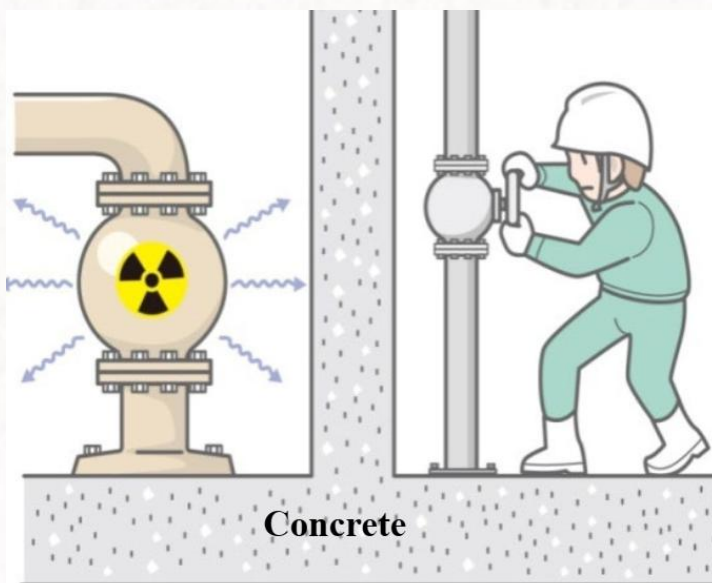
Metode Pengendalian paling efektif untuk mengurangi penerimaan dosis, dengan menaikkan jarak dengan sumber radiasi



"Ingat! Jarak itu penting.
Kayak lagi deket sama
orang toxic—semakin jauh,
semakin baik!"

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Prinsip "PENAHAN RADIASI"



- Penahan: Penahan Radiasi Tetap atau APD berupa Apron
- Dengan mengenakan ketebalan shielding, maka akan mengurangi dosis yang diterima



"Pelindung radiasi itu kayak pakai jas hujan. Nggak kelihatan keren, sih. Tapi nyelametin kamu dari basah kuyup!" ✨

2

KESELAMATAN RADIASI

KESELAMATAN RADIASI

Proteksi Radiasi

- Tindakan Melindungi
- **Pekerja, Masyarakat dan Lingkungan**
- dari bahaya radiasi

Tujuan Keselamatan Radiasi

- Mencegah terjadinya efek deterministik
- Mengurangi peluang terjadinya efek stokastik

JENIS PAPARAN RADIASI

Paparan Kerja

- paparan Radiasi Pengion yang diterima oleh pekerja selama menjalankan pekerjaannya

Paparan Medik

- adalah 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.

DASAR HUKUM

Undang-Undang No. 10 Tahun 1997

Peraturan Pemerintah No. 45 Tahun 2023

Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013

Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010

Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2020

Ketenaganukliran

Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif

Proteksi dan Keselamatan Radiasi

Pemantauan Kesehatan Pekerja Radiasi

Keselamatan Radiasi Iradator

PERSYARATAN KESELAMATAN



**Persyaratan
Manajemen**



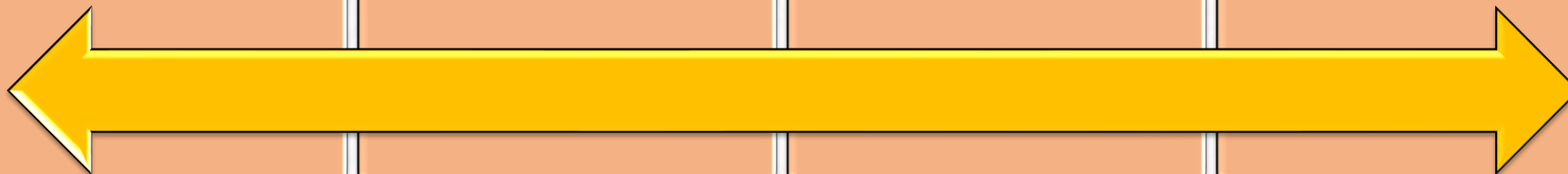
**Persyaratan
Proteksi Radiasi**



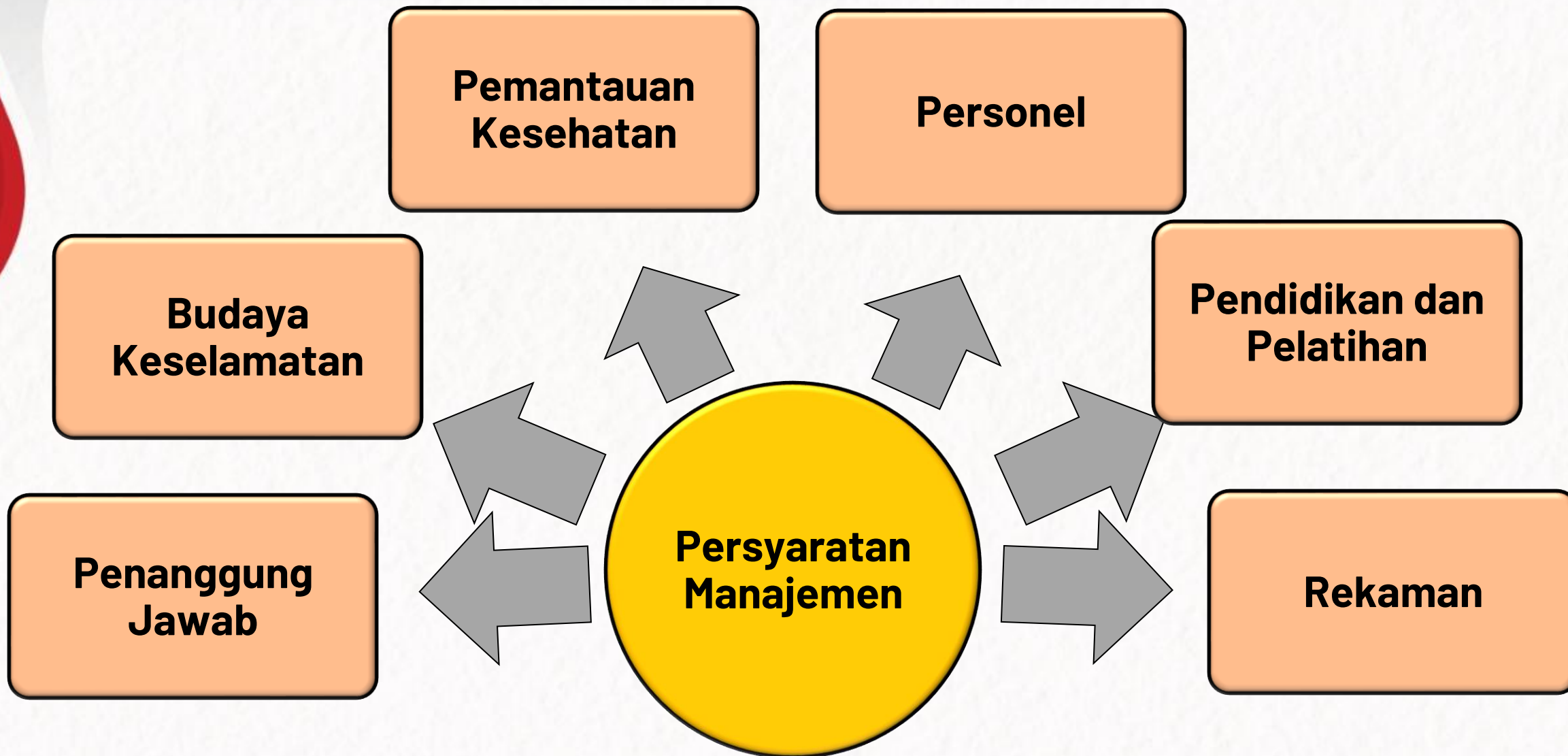
**Persyaratan
Teknik**



**Verifikasi
Keselamatan**



PERSYARATAN MANAJEMEN



Tanggung Jawab Pemegang Izin (PI):



- Mewujudkan tujuan keselamatan radiasi;
- menyusun, mengembangkan, melaksanakan, dan mendokumentasikan Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi;
- membentuk dan menetapkan Penyelenggara Keselamatan Radiasi
- menentukan tindakan dan sumber daya yang diperlukan
- meninjau ulang setiap tindakan dan sumber daya;
- mengidentifikasi setiap kegagalan dan kelemahan (perbaikan dan pencegahan);
- membuat prosedur konsultasi dan kerja sama antar pihak; dan
- membuat dan memelihara rekaman keselamatan radiasi.

Personel Terkait Keselamatan



Petugas Proteksi Radiasi

Pekerja Radiasi

Pihak yang mendapat tanggung jawab khusus dari PI

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.

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:
 - a. **1 (satu) kali dalam 1 (satu) bulan**, apabila menggunakan peralatan pemantauan dosis perorangan jenis *film badge*;
 - b. **1 (satu) kali dalam 3 (tiga) bulan**, apabila menggunakan peralatan pemantauan dosis perorangan jenis (TLD) badge; *OSL (Badge)*;

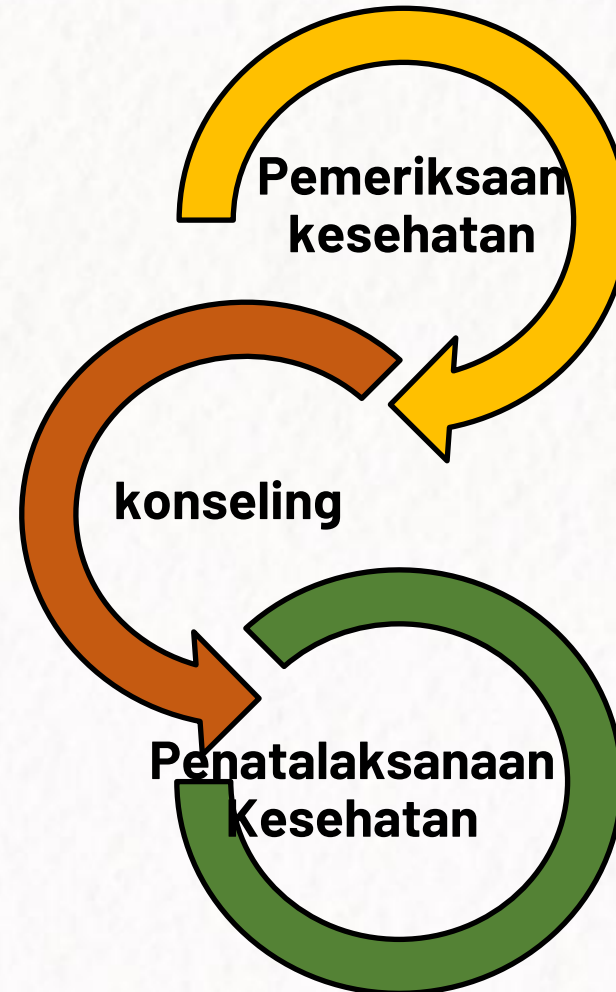
Pemantauan Kesehatan (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)

Tujuan:

- menilai kesehatan pekerja radiasi;
- memastikan kesesuaian kesehatan dengan pekerjaan;
- memberikan pertimbangan dalam menangani keadaan darurat;
- menyediakan rekaman untuk penanganan kasus paparan kecelakaan atau PAK, evaluasi statistik PAK, data medico legal, dan kaji ulang manajemen proteksi radiasi.



Pemantauan Kesehatan (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)



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

- Psikologi
- Konsultasi

- Kajian Dosis
- Konseling
- Pemeriksaan Kesehatan dan Tindak Lanjut

Pemantauan Kesehatan (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)

Sebelum Bekerja

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

Selama Bekerja

- Memantau kondisi kesehatan

Akan berhenti Bekerja

- Menentukan kondisi kesehatan pada saat akan berhenti bekerja

Jenis Pemeriksaan Kesehatan (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)



Pemeriksaan Kesehatan

Umum

- anamnesis;
- riwayat penyakit dan keluarga;
- pemeriksaan fisik; dan
- pemeriksaan laboratorium

Khusus

- pemeriksaan darah lengkap;
- pemeriksaan sperma; dan/atau
- pemeriksaan aberasi kromosom.

Konseling (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)



Diberikan pada:

- pekerja wanita yang sedang hamil atau diduga hamil;
- pekerja wanita yang sedang menyusui;
- pekerja yang menerima Paparan Radiasi Berlebih;
- dan
- pekerja yang ingin mengetahui Paparan Radiasi yang diterimanya

HAK DAN KEWAJIBAN

Penatalaksanaan Kesehatan (Perka BAPETEN No. 6 Tahun 2010)

Dosis Eksterna

Dosimeter
Personel

Rekonstruksi
Dosis

Dosis Interna

In - Vivo

In - Vitro

Konfirmasi Dosis

Aberasi
Kromosom

Limfosit Absolut

Darah Lengkap

Kajian Dosis → Dosis > 0,2 Gy

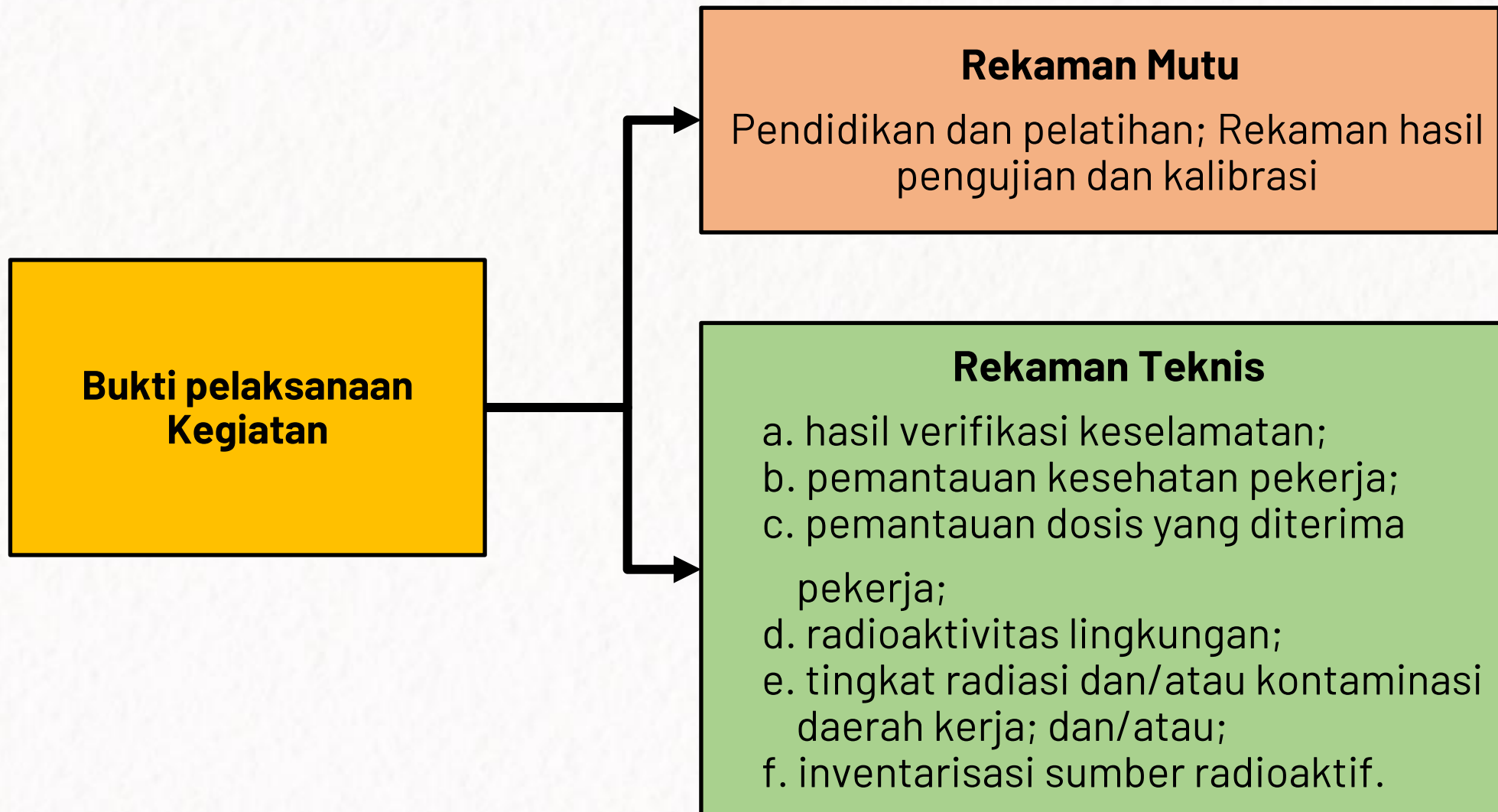
Pendidikan dan Pelatihan



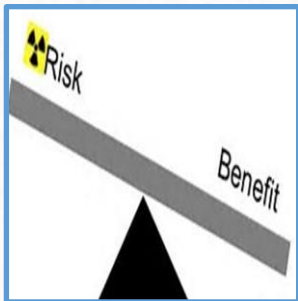
Materi Pelatihan

- 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.

PERSYARATAN MANAJEMEN (REKAMAN)



PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI

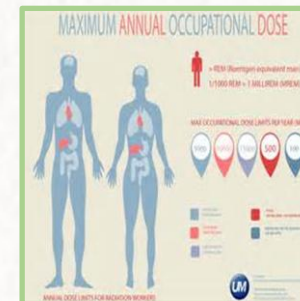


Justifikasi

- Manfaat >>> risiko

Limitasi

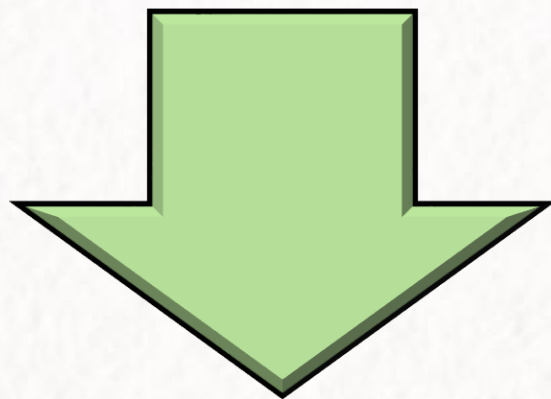
- Penerapan NBD pekerja dan masyarakat
- Tidak termasuk penyinaran alam dan medik



Optimisasi

- ALARA
- Ekonomi dan sosial

PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI (JUSTIFIKASI)



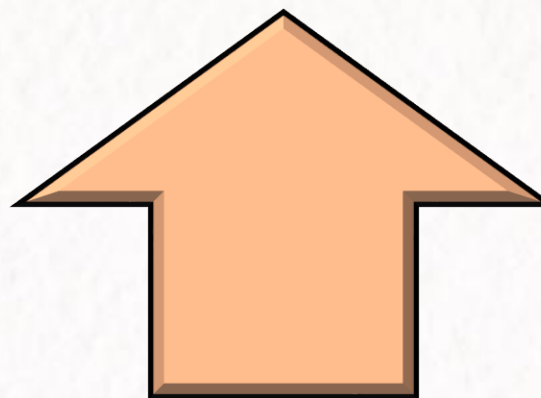
Risiko

- Efek Stokastik
- Efek deterministik



Manfaat

- Industri, Kesehatan
- Tidak ada metode lain



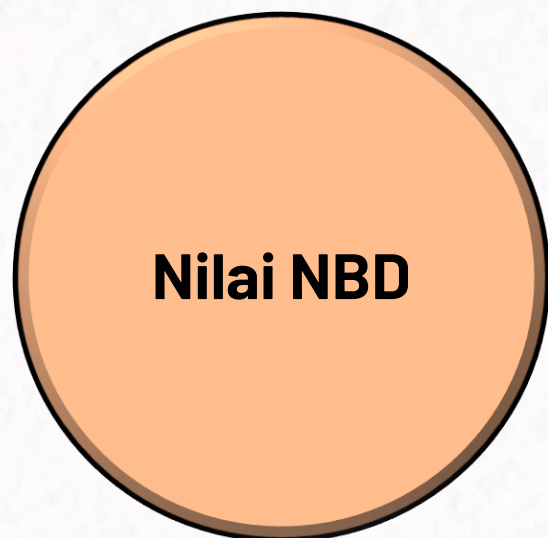
Mempertimbangkan :

- **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**

PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI (LIMITASI)

Pengertian Nilai Batas Dosis:

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



Pekerja

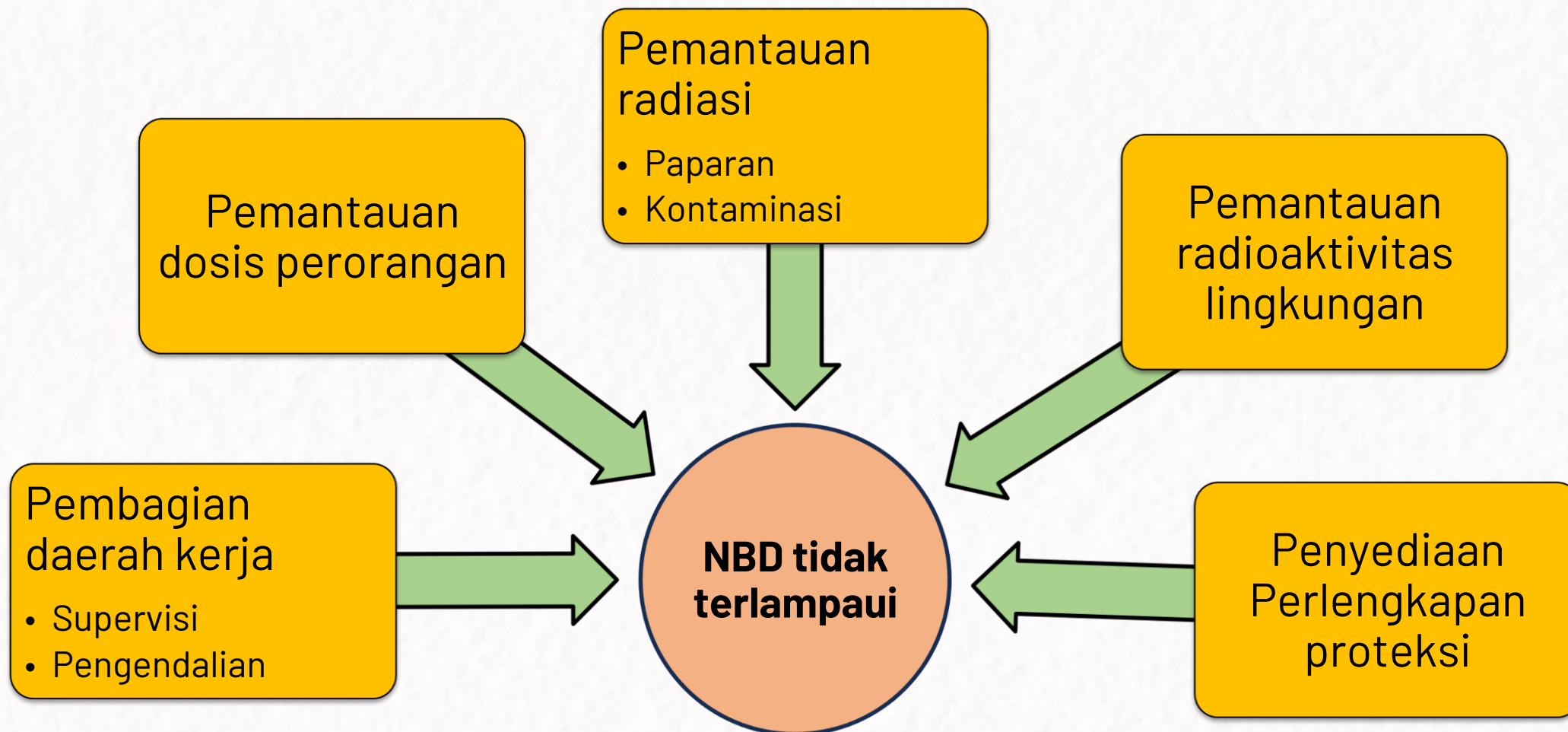
- E rerata = 20 mSv/tahun untuk 5 tahun
- E = 50 mSv untuk 1 tahun tertentu
- H mata = 20 mSv/tahun untuk 5 tahun
- H kulit = 500 mSv

Masyarakat

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

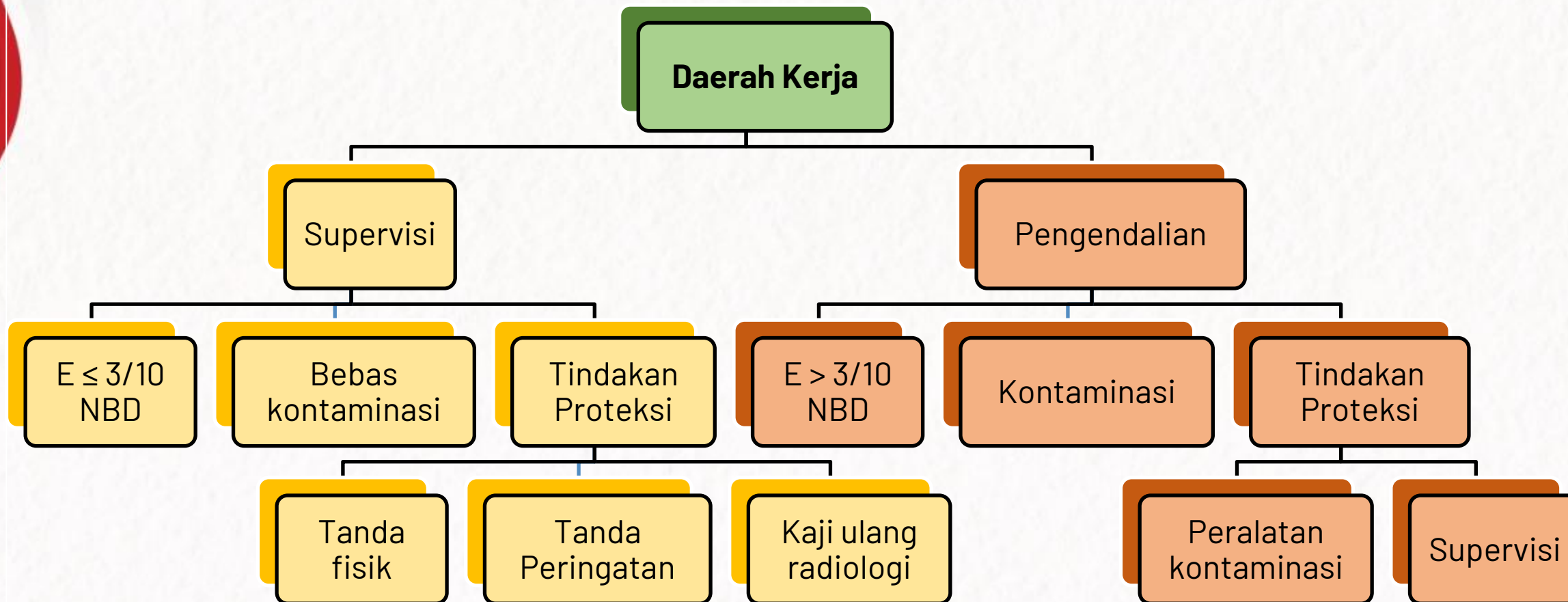
PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI (LIMITASI)

Tindakan agar Nilai Batas Dosis Tidak Terlampaui:



PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI (LIMITASI)

Pembagian Daerah Kerja (Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013):



PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI (LIMITASI)

Tindakan Proteksi Pada Daerah Pengendalian:

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;

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;

PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI (LIMITASI)

Tindakan Proteksi Pada Daerah Pengendalian:

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

PERSYARATAN 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**

PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI (OPTIMISASI)



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

PERSYARATAN PROTEKSI RADIASI

a

- *Dose constraint* BUKAN merupakan Nilai Batas Dosis (NBD)

b

- *Dose constraint* = bagian dari proses optimisasi proteksi

c

- *Dose constraint* digunakan secara prospek

d

- Nilai *dose constraint* untuk pekerja ditentukan oleh PI

e

- Nilai *dose constraint* untuk anggota masyarakat ditentukan oleh BAPETEN

3

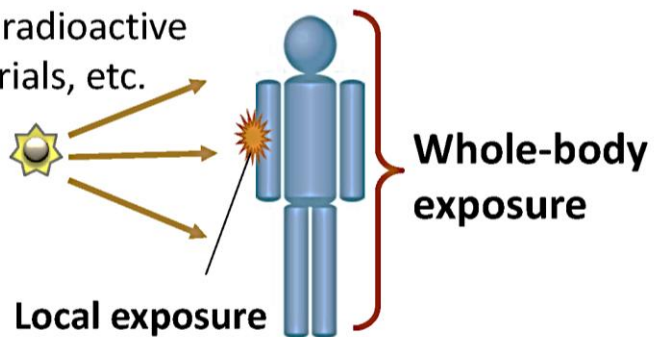
PROTEKSI RADIASI EKSTERNA

RADIASI EKSTERNA

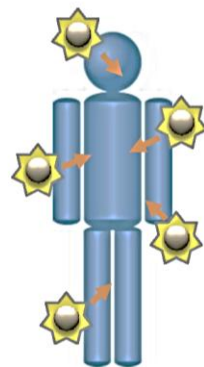
External exposure

Exposure due to radiation outside the body

Radiation sources
such as radioactive
materials, etc.



Local exposure



Body surface contamination

Paparan radiasi eksternal

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

RADIASI EKSTERNA

Potensi Bahaya

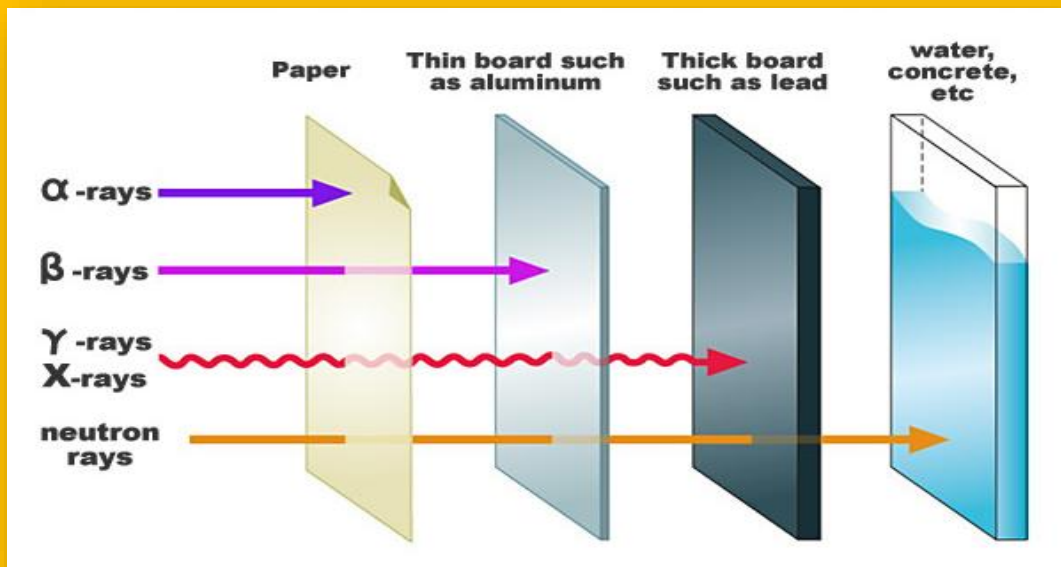
Jenis radiasi → daya ionisasi dan daya tembus

Radiasi eksterna

Daya tembus menentukan potensi bahaya

↓ Alpha - Beta - Gamma/Xray - Neutron ↑

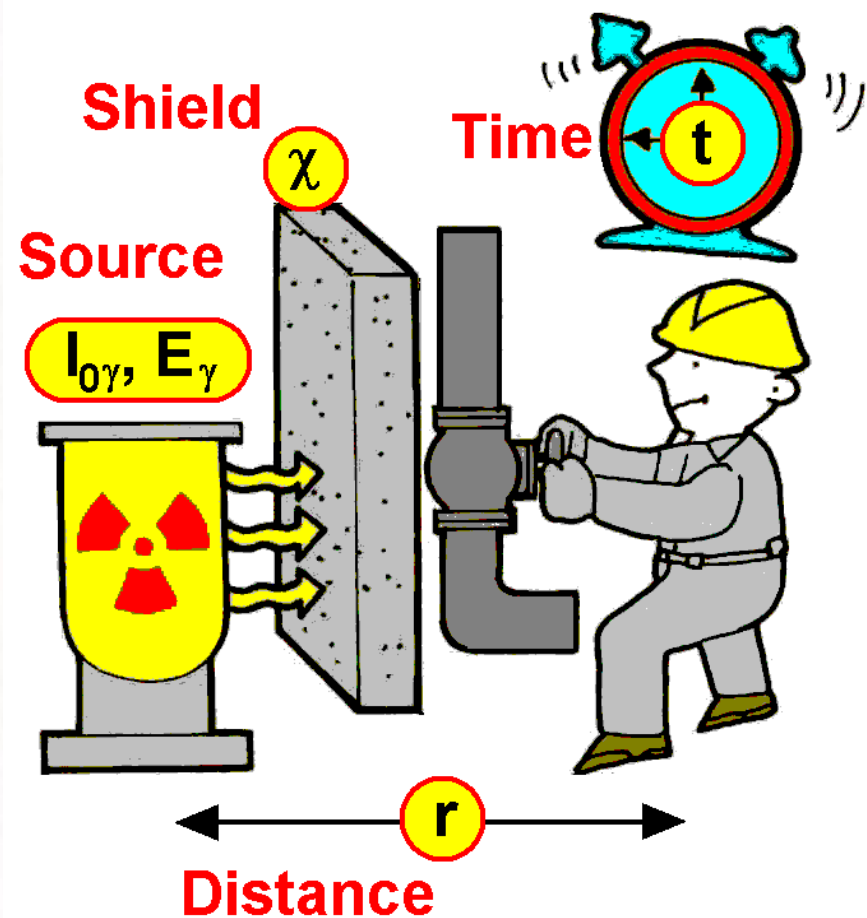
RADIASI EKSTERNA



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



3 Prinsip Pengendalian Radiasi Eksterna:

Principles of Radiation Protection

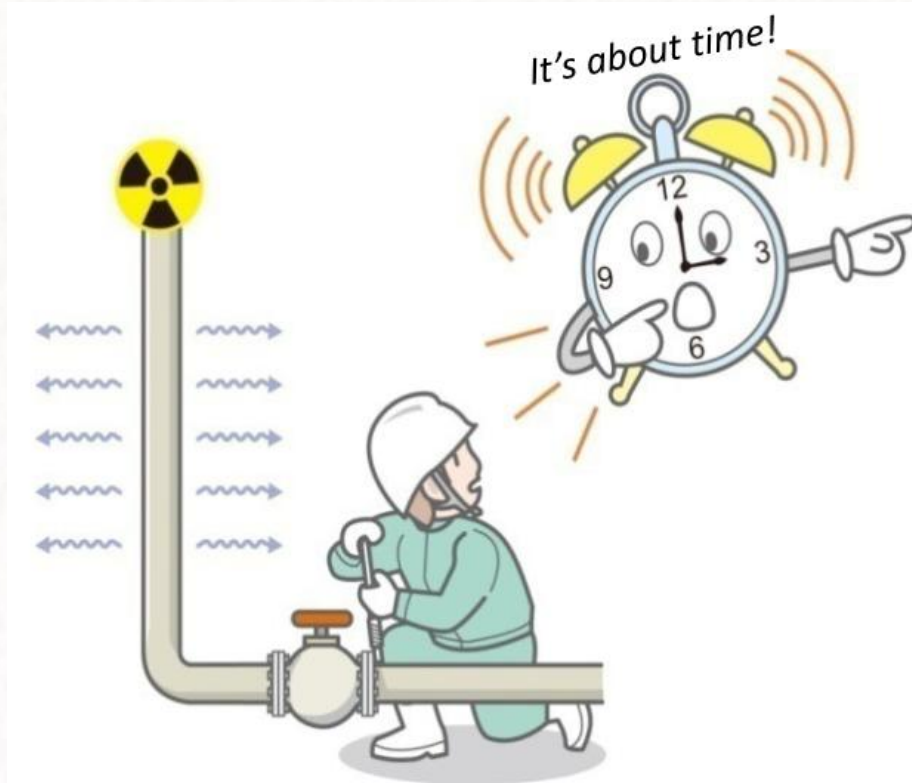
| Waktu | Jarak | Penahan |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <p>Less time spent near source: less radiation received.</p> | <p>Greater distance from source: less radiation received.</p> | <p>Behind shielding from source: less radiation received.</p> |

Image courtesy of the Centers for Disease Control and Prevention

www.EPA.gov/Radiation/Protecting-Yourself-Radiation

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Prinsip "WAKTU"



Semakin lama waktu eksposi maka semakin besar nilai dosis yang diterima, dan sebaliknya.

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Prinsip "WAKTU"

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

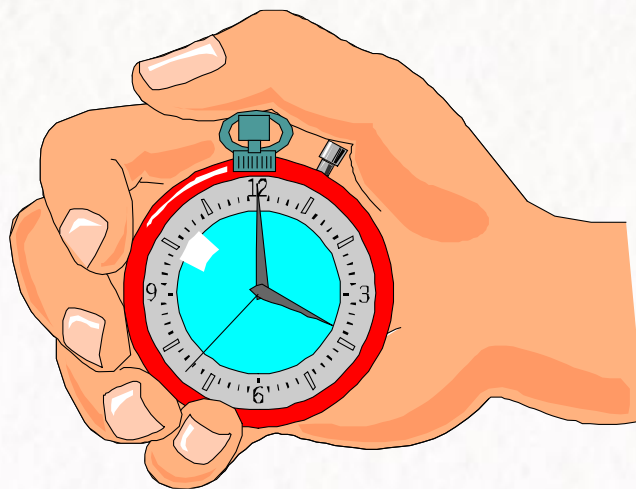
$$D = \dot{D} \cdot t$$

Keterangan:

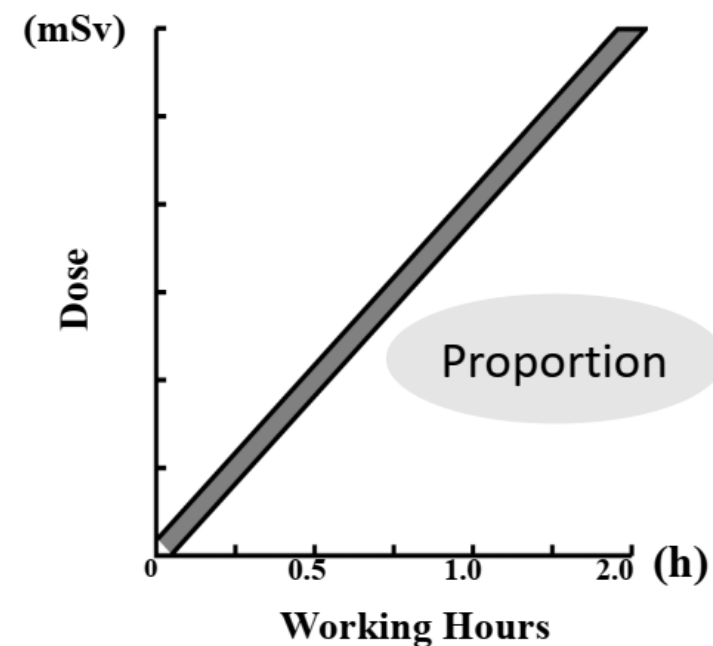
D : dosis

\dot{D} : laju dosis

t : waktu



Dose = Dose-rate x Time



CONTOH PERHITUNGAN

Seorang pekerja radiasi berada pada medan radiasi dengan laju dosis sebesar $24 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ selama 10 menit. Berapa dosis yang diterima oleh pekerja tersebut?

Diketahui:

$$\dot{H} = 24 \mu\text{Sv} / \text{jam}$$

$$t = 10 \text{ menit} = \frac{1}{6} \text{ jam}$$

Jawab:

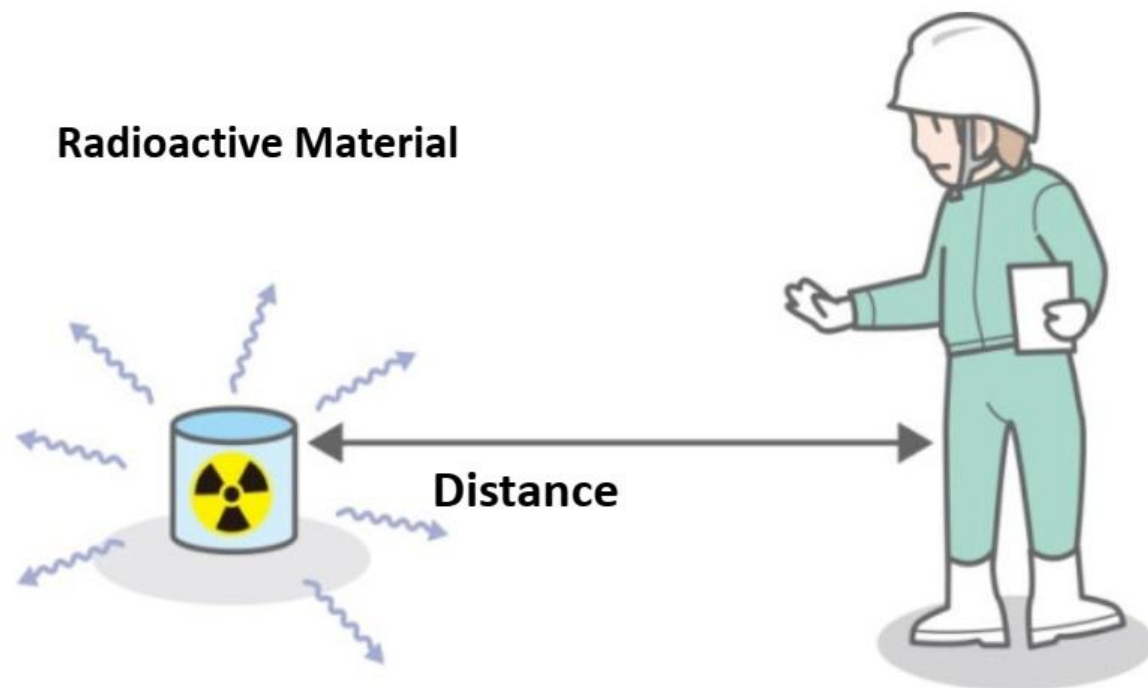
$$H = \dot{H} \times t$$

$$H = 24 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{jam}} \times \frac{1}{6} \text{ jam}$$

$$H = 4 \mu\text{Sv}$$

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Prinsip "JARAK"



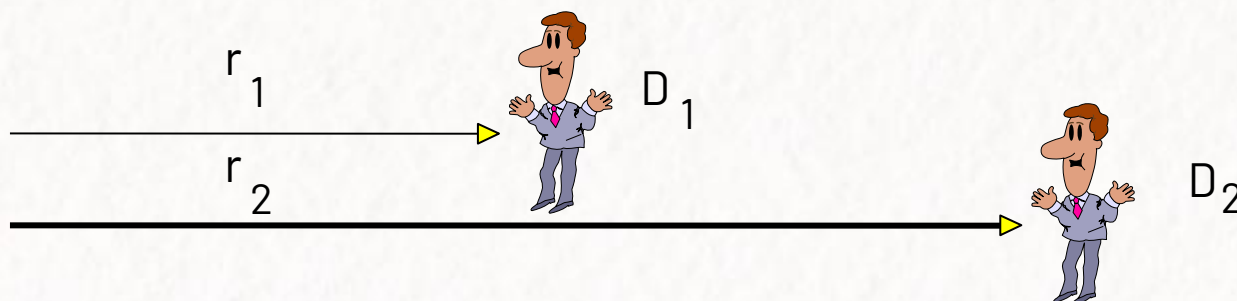
Metode Pengendalian paling efektif untuk mengurangi penerimaan dosis, dengan menaikkan jarak dengan sumber radiasi

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

Prinsip "JARAK"

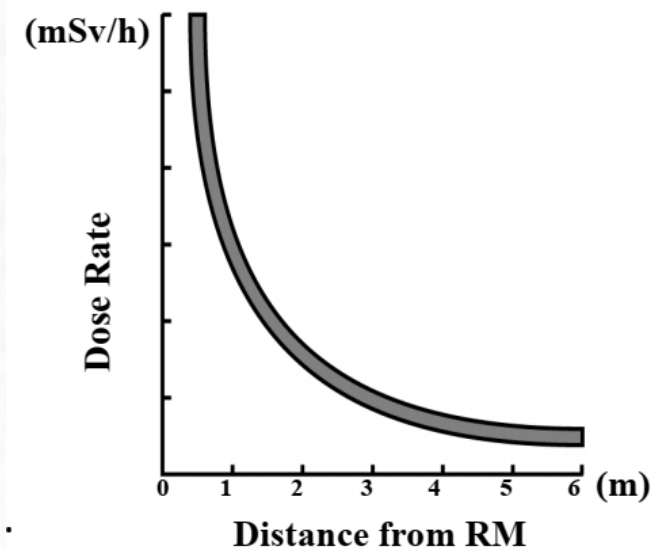
Hukum kuadrat terbalik

$$D = \frac{k}{r^2}$$



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

Inverse Square Law (ISL):
Dose-rate $\propto 1 / (\text{distance})^2$



Laju dosis **berbanding terbalik** dengan kuadrat jarak

CONTOH PERHITUNGAN

Diketahui laju dosis pada jarak 1 meter dari sumber radiasi adalah 18 mrem/jam. Berapa laju dosis terukur pada jarak 3 meter dari sumber radiasi tersebut?

Diketahui:

$$r_1 = 1 \text{ meter}$$

$$\dot{H}_1 = 18 \frac{\text{mrem}}{\text{jam}}$$

$$r_2 = 3 \text{ meter}$$

Jawab:

$$\dot{H}_1 \times r_1^2 = \dot{H}_2 \times r_2^2$$

$$18 \frac{\text{mrem}}{\text{jam}} \times (1 \text{ m})^2 = \dot{H}_2 \times (3 \text{ m})^2$$

$$\dot{H}_2 = 18 \frac{\text{mrem}}{\text{jam}} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{3 \text{ m}} \right)^2$$

$$\dot{H}_2 = 2 \frac{\text{mrem}}{\text{jam}}$$

CONTOH PERHITUNGAN

Pada suatu kegiatan pengoperasian peralatan yang menggunakan sumber radioaktif, terukur laju dosis pada posisi operator yang berjarak 3 meter dari sumber radiasi sebesar 50 mGy/jam. Untuk mengurangi laju dosis menjadi 18 mGy/jam, maka pada jarak berapa operator tersebut harus bekerja?

Diketahui:

$$r_1 = 3 \text{ meter}$$

$$\dot{D}_1 = 50 \frac{\text{mGy}}{\text{jam}}$$

$$\dot{D}_2 = 18 \frac{\text{mGy}}{\text{jam}}$$

Jawab:

$$\dot{D}_1 \times r_1^2 = \dot{D}_2 \times r_2^2$$

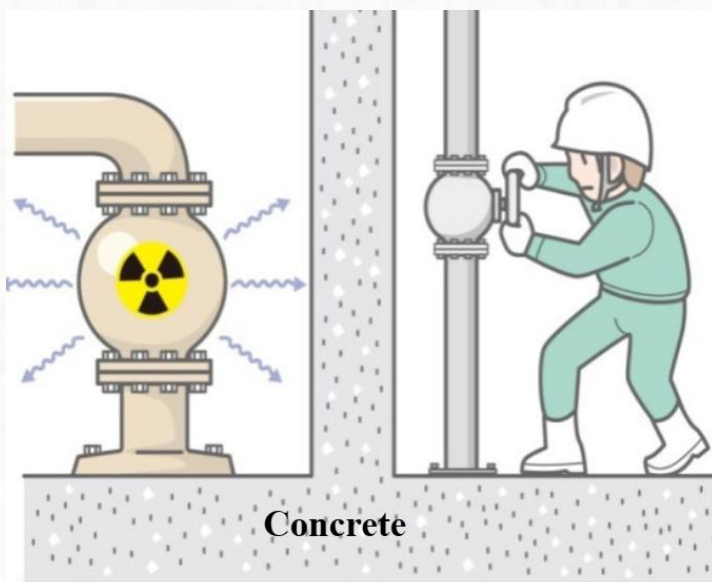
$$50 \frac{\text{mGy}}{\text{jam}} \times (3 \text{ m})^2 = 18 \frac{\text{mGy}}{\text{jam}} \times (r_2)^2$$

$$r_2 = \sqrt{\left(\frac{50 \text{ mGy} / \text{jam} \times 9 \text{ m}^2}{18 \text{ mGy} / \text{jam}} \right)}$$

$$r_2 = 5 \text{ meter}$$

PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA

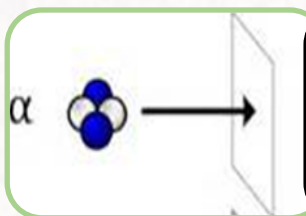
Prinsip "PENAHAN RADIASI"



- Penahan: Penahan Radiasi Tetap atau APD berupa Apron
- Dengan mengenakan ketebalan shielding, maka akan mengurangi dosis yang diterima

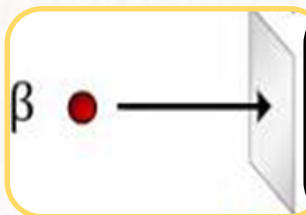
PENAHAN RADIASI

memasang penahan radiasi - laju dosis berkurang



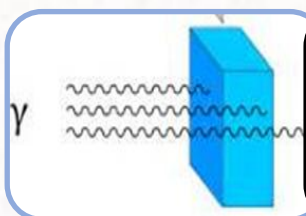
Alpha (α)

di udara jangkauan pendek, dapat dihentikan selembat kertas



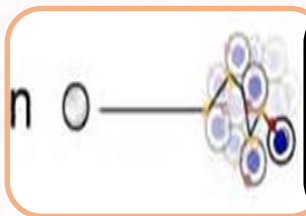
Beta (β)

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



Gamma (γ)

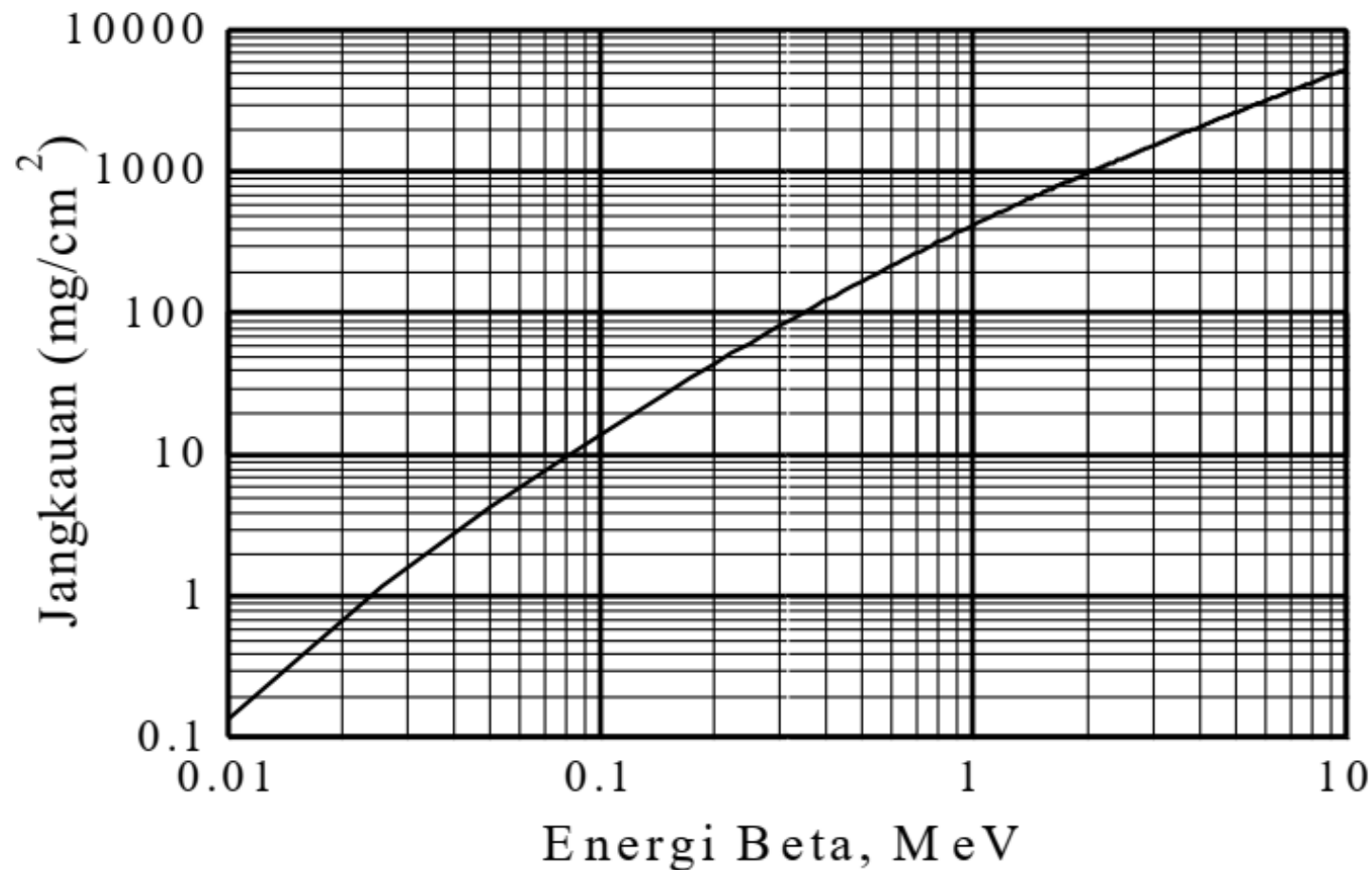
tidak diserap seluruhnya oleh bahan dan mengalami atenuasi



Neutron (n)

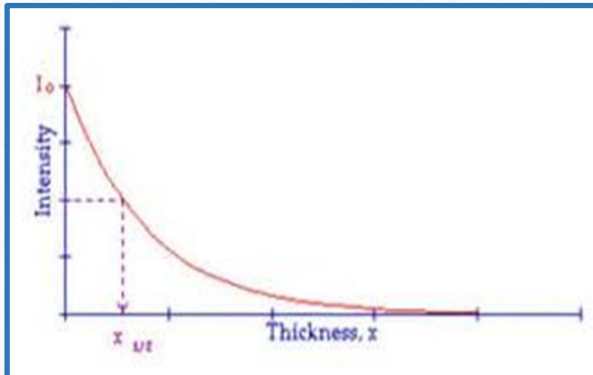
dapat diserap oleh penahan, penurunan energi/perlambatan, dan diikuti proses penangkapan neutron

PENAHAN RADIASI BETA



Ketebalan penahan yang dibutuhkan, tergantung energi radiasi beta dan densitas bahan penahan

PENAHAN RADIASI GAMMA



Penurunan intensitas radiasi gamma setelah melalui penahan mengikuti persamaan:

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

I : Intensitas radiasi setelah melalui penahan

I_0 : Intensitas radiasi mula-mula (sebelum melalui penahan)

μ : koefisien atenuasi

x : ketebalan penahan

Jika: $x = \text{HVL}$

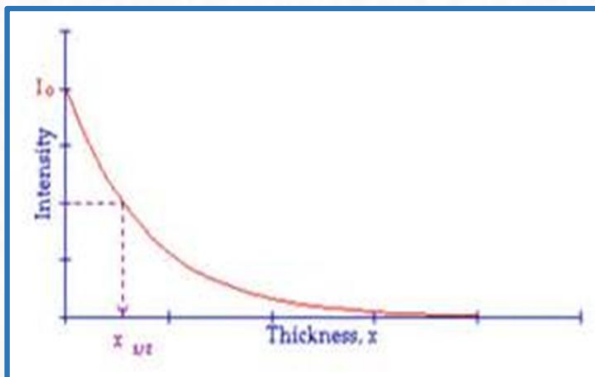
$$\text{HVL} = \frac{0,693}{\mu}$$

$$I = I_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$n = \frac{x}{\text{HVL}}$$

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

PENAHAN RADIASI GAMMA



Penurunan intensitas radiasi gamma setelah melalui penahan mengikuti persamaan:

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

I : Intensitas radiasi setelah melalui penahan

I_0 : Intensitas radiasi mula-mula (sebelum melalui penahan)

μ : koefisien atenuasi

x : ketebalan penahan

Jika: $x = TVL$

$$TVL = \frac{2,303}{\mu}$$

$$I = I_0 \times \left(\frac{1}{10}\right)^m$$

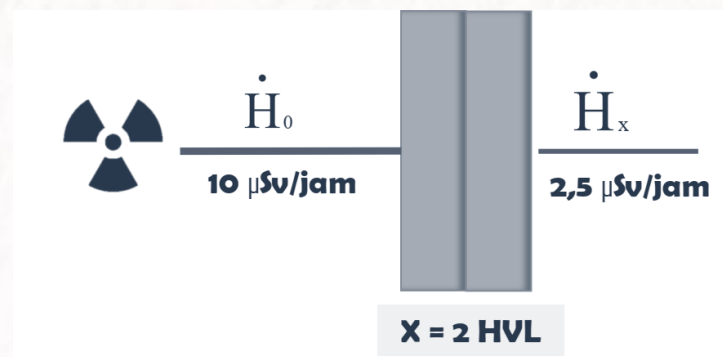
$$m = \frac{x}{TVL}$$

TVL : Tenth Value Layer, ketebalan yang dibutuhkan agar intensitas setelah melalui penahan menjadi **sepersepuluh dari intensitas mula-mula**

CONTOH PERHITUNGAN

Laju dosis sebelum menggunakan penahan adalah $10 \mu\text{Sv}/\text{jam}$. Berapa laju dosis yang terukur apabila digunakan penahan setebal 2 HVL?

Diketahui:



$$\dot{H}_0 = 10 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{jam}}$$

Jawab:

$$\dot{H}_x = \dot{H}_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad n = \frac{x}{\text{HVL}}$$

$$\dot{H}_x = 10 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{jam}} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2 \text{ HVL}}{\text{HVL}}} = 2,5 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{jam}}$$

CONTOH PERHITUNGAN

Laju dosis sebelum menggunakan penahan adalah 400 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Berapa ketebalan penahan yang dibutuhkan, agar laju dosis turun menjadi 10 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$? Diketahui HVL dan TVL penahan berturut turut adalah adalah 6,5 mm dan 2,2 cm.

Diketahui:

$$I = I_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad I = I_0 \times \left(\frac{1}{10}\right)^m$$

$$\dot{H}_2 = \dot{H}_1 \left(\frac{1}{2}\right)^n \left(\frac{1}{10}\right)^m$$

Jawab:

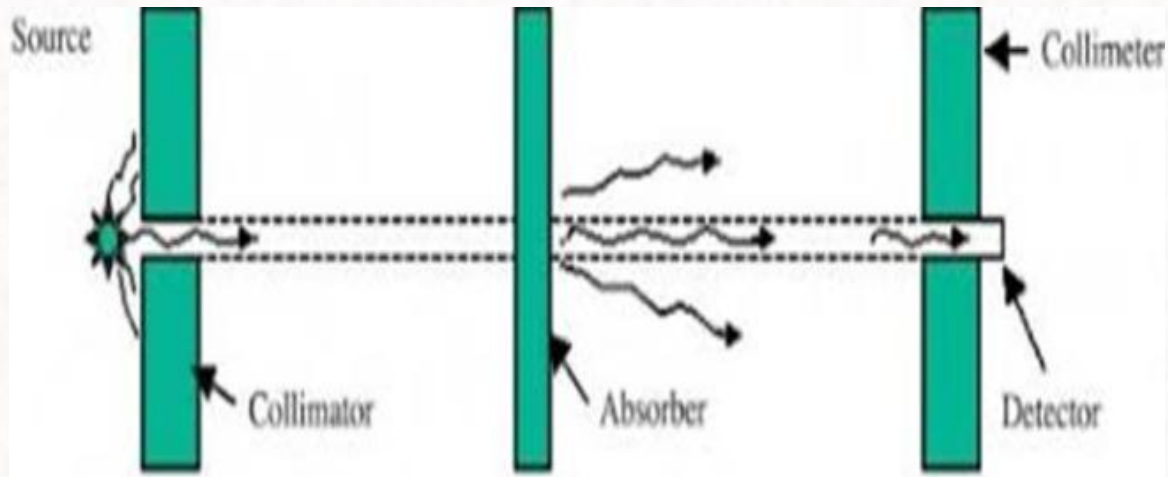
$$10 = 400 \left(\frac{1}{2}\right)^n \left(\frac{1}{10}\right)^m$$

$$\frac{10}{400} = \frac{1}{40} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{10} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(\frac{1}{10}\right)^1$$

$$n = 2 \text{ dan } m = 1$$

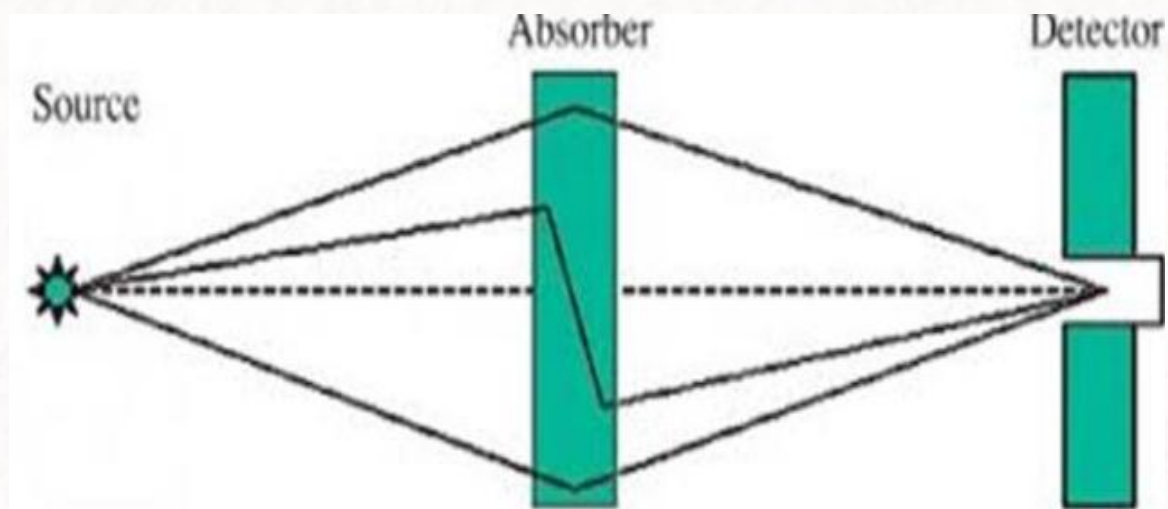
$$\begin{aligned} x &= 2 \text{ HVL} + 1 \text{ TVL} \\ &= 2 \times 6,5 + 22 = 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

PENAHAN RADIASI GAMMA (BERKAS SEMPIT DAN LEBAR)



Gamma "**Berkas Sempit**"

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



Gamma "**Berkas Lebar**"

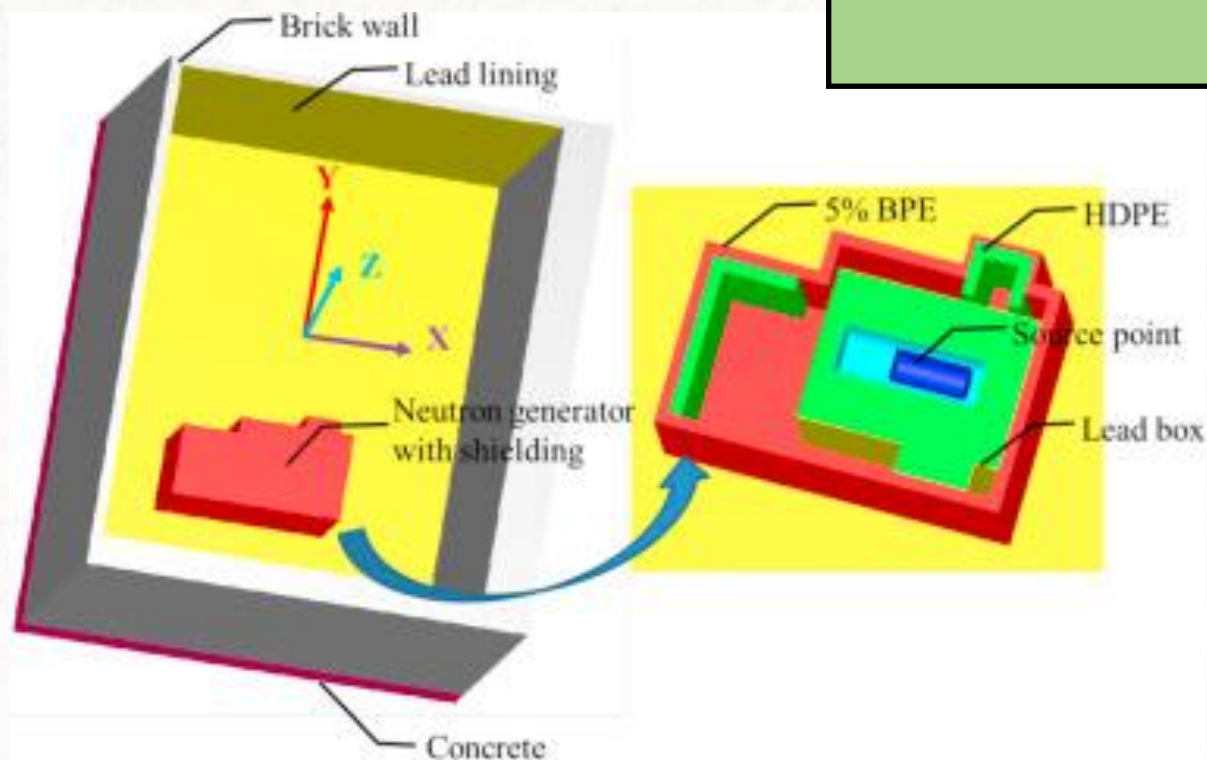
$$I = B \times I_0 \times e^{-\mu x}$$

PENAHAN RADIASI NEUTRON

Moderasi: nomor massa rendah; hidrogen dalam air, parafin, dan polietilen (PE)

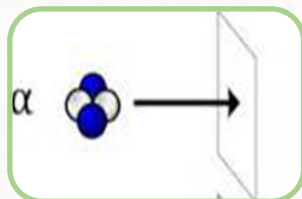
Penangkapan: penampang lintang absorpsi tinggi

Aktivasi: Pb



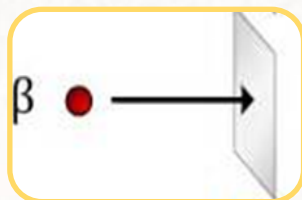
PENAHAN RADIASI EKSTERNA

Jenis bahan penahan disesuaikan dengan jenis radiasi



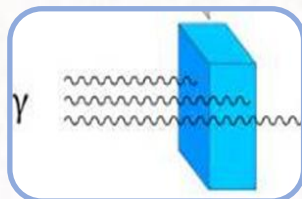
Alpha (α)

Tidak perlu penahan



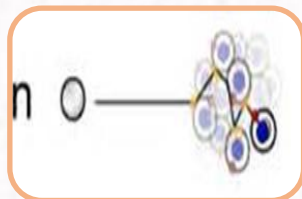
Beta (β)

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



Gamma (γ)

Nomor atom dan densitas tinggi (Pb, beton, Fe)



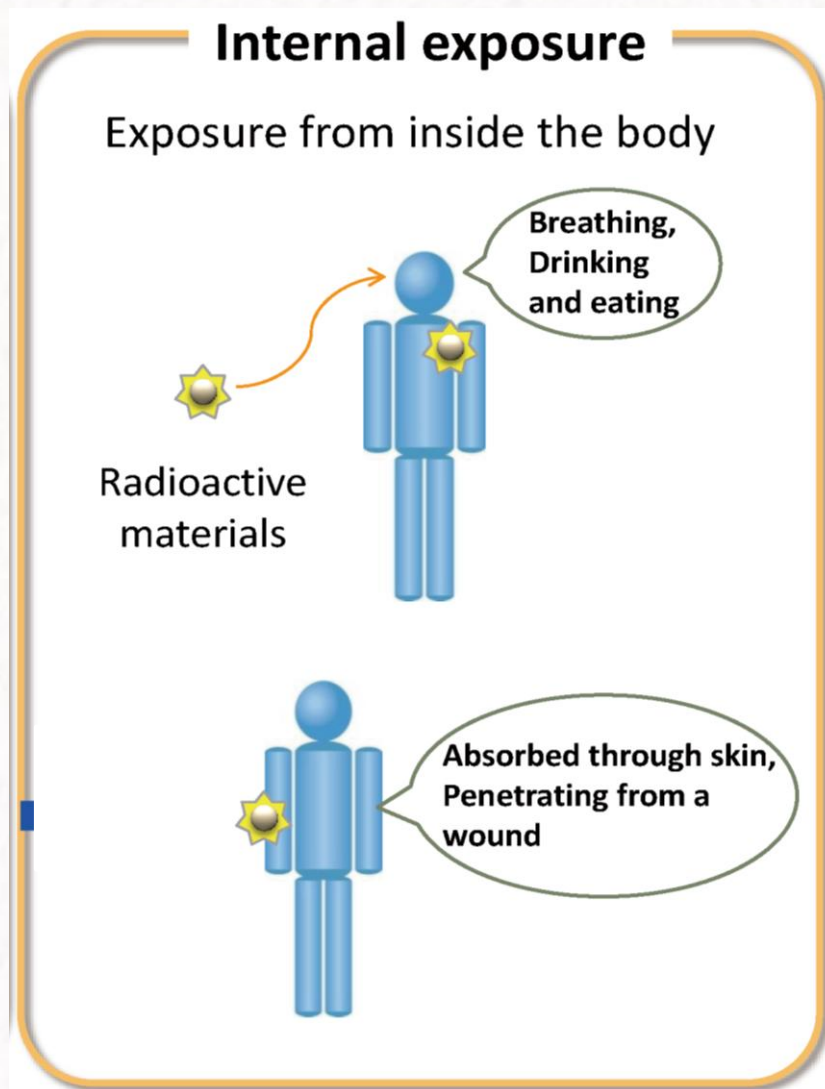
Neutron (n)

Nomor massa rendah, penangkapan neutron tinggi

4

PROTEKSI RADIASI INTERNA

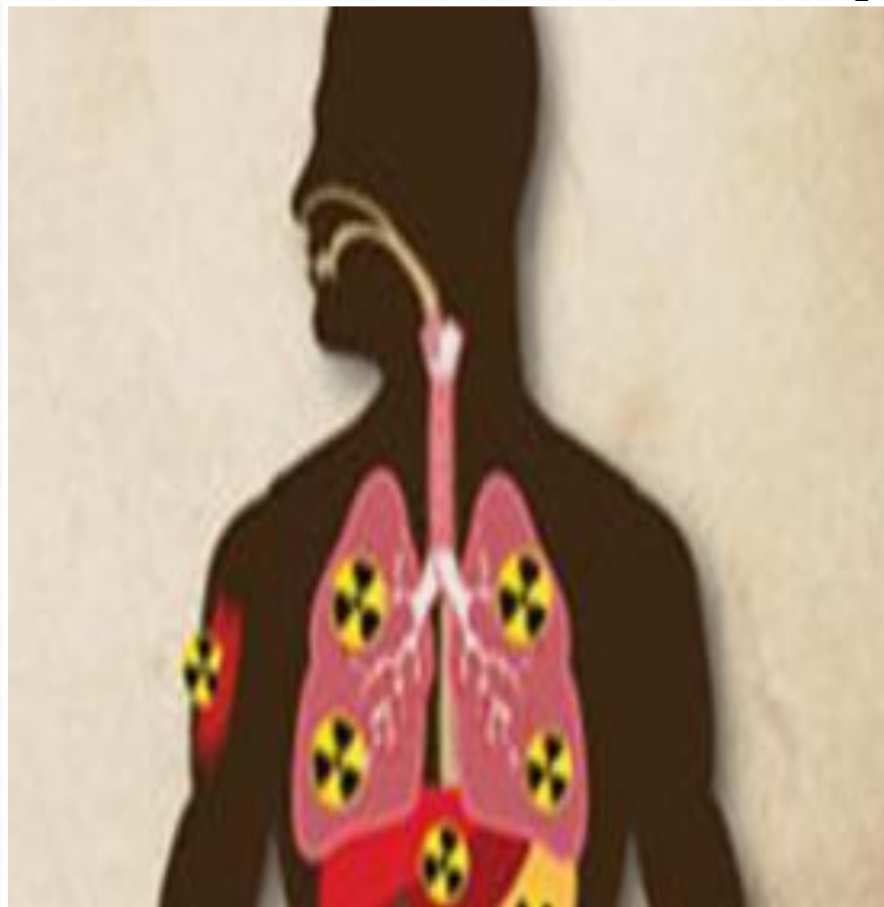
RADIASI INTERNA



Paparan radiasi interna

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

RADIASI INTERNA



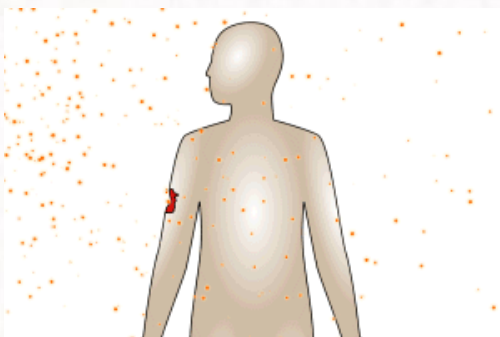
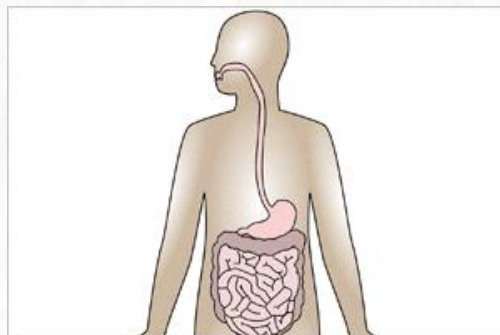
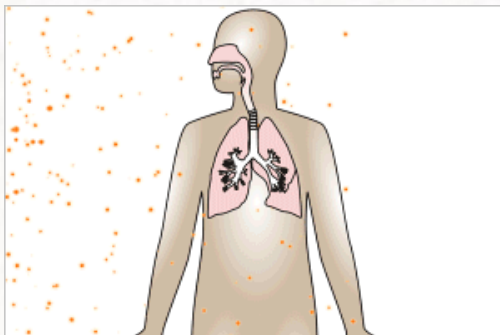
Bahaya radiasi interna dihasilkan dari masuknya zat radioaktif ke dalam tubuh melalui **pernafasan, pencernaan** atau **absorpsi kulit**

Zat radioaktif akan menghasilkan paparan radiasi didalam tubuh sampai ZRA tersebut **meluruh** atau **di ekskresikan** dari dalam tubuh

Tidak seperti tubuh bagian luar yang dilindungi kulit, organ - organ bagian dalam berpotensi untuk **mengalami kerusakan akibat nuklida pemancar α dan β**

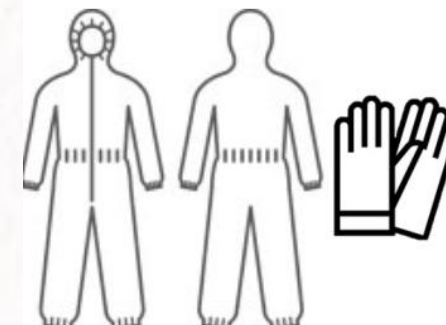
Source:
Radiation Protective Gear and Physical Contamination Survey,
ITC NREP JAEA 2023

RADIASI INTERNA



Paparan radiasi interna terjadi ketika seseorang menghirup material radioaktif

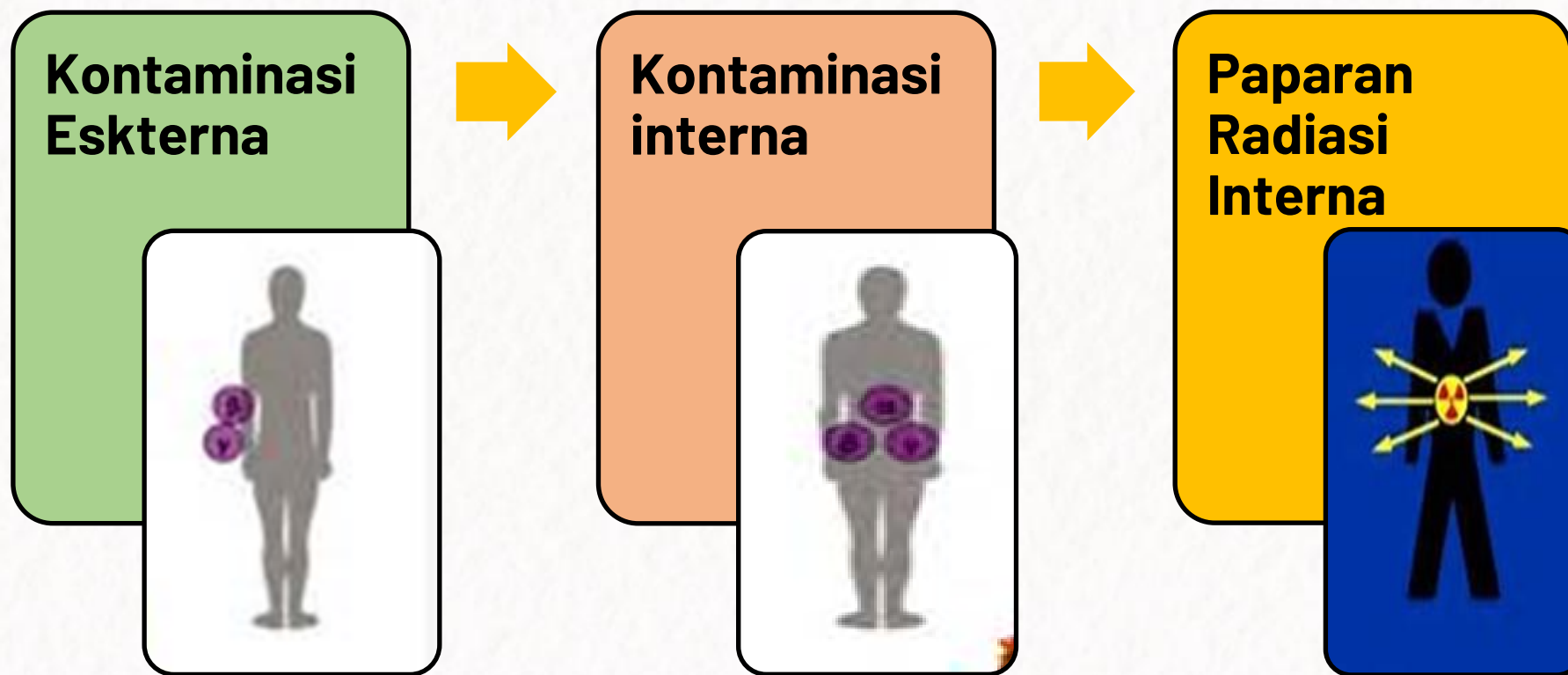
Kontaminasi Udara, Kontaminasi Permukaan Lantai, Tubuh dan Pakaian berpotensi untuk masuknya material radioaktif ke dalam tubuh melalui pernafasan, pencernaan maupun absorbs kulit.



Source:

Radiation Protective Gear and Physical Contamination Survey, ITC NREP JAEA 2023

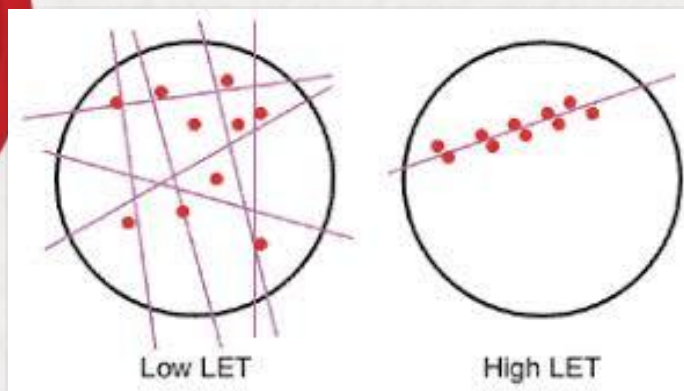
PROSES PAPARAN RADIASI INTERNA



Kontaminasi:

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

POTENSI BAHAYA RADIASI INTERNA



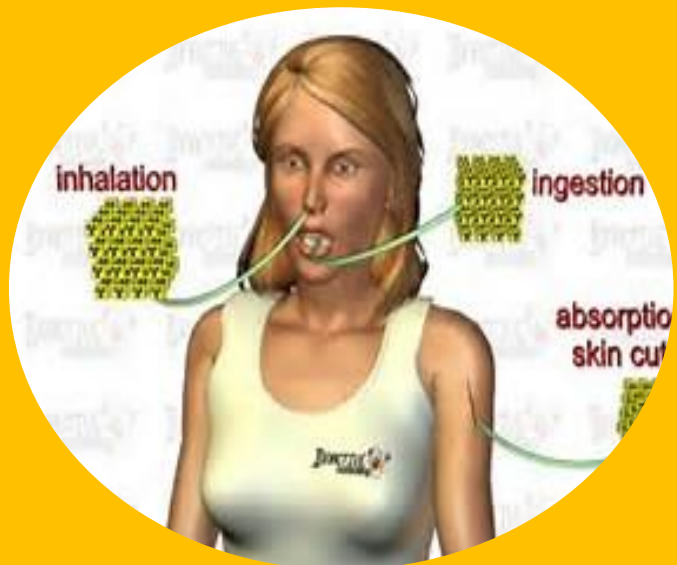
Daya ionisasi

| 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



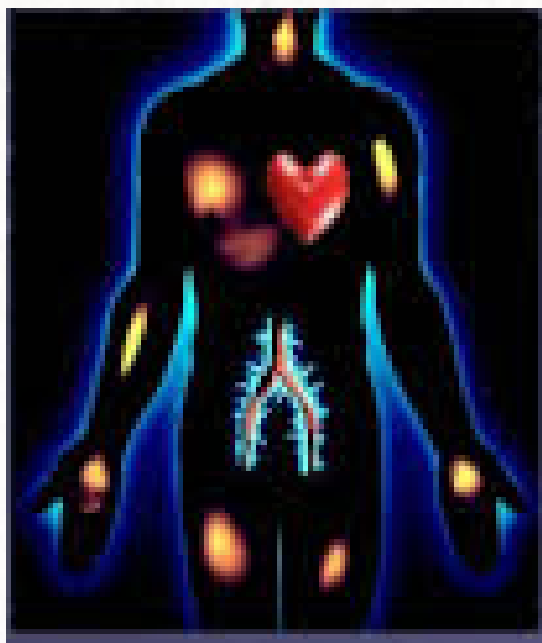
Kecepatan ekskresi ZRA dipengaruhi oleh:

- 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

- Cara :**
- memblok ketiga jalan masuk
 - membatasi penyebaran zat radioaktif dari sumber kepada pekerja



Faktor Pengendalian

Sumber radioaktif
Lingkungan kerja
Pekerja radiasi

PENGENDALIAN RADIASI INTERNA



1. Sumber Radioaktif

- Pembatasan penggunaan ZRA
- Pembatasan penyebaran ZRA

2. Lingkungan Kerja

- Desain fasilitas
- Pemantauan kontaminasi
- [Dekontaminasi](#)



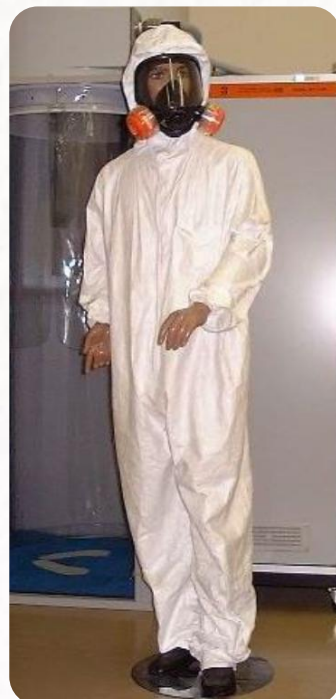
3. Pekerja Radiasi

- Penggunaan APD:
 - Pakaian pelindung
 - Pelindung pernafasan

ALAT PELINDUNG DIRI



Full-face Mask



Half-face Mask



Source:
Radiation Protective Gear and Physical Contamination Survey, ITC NREP JAEA 2023

5

RANGKUMAN

Rangkuman (1/3)

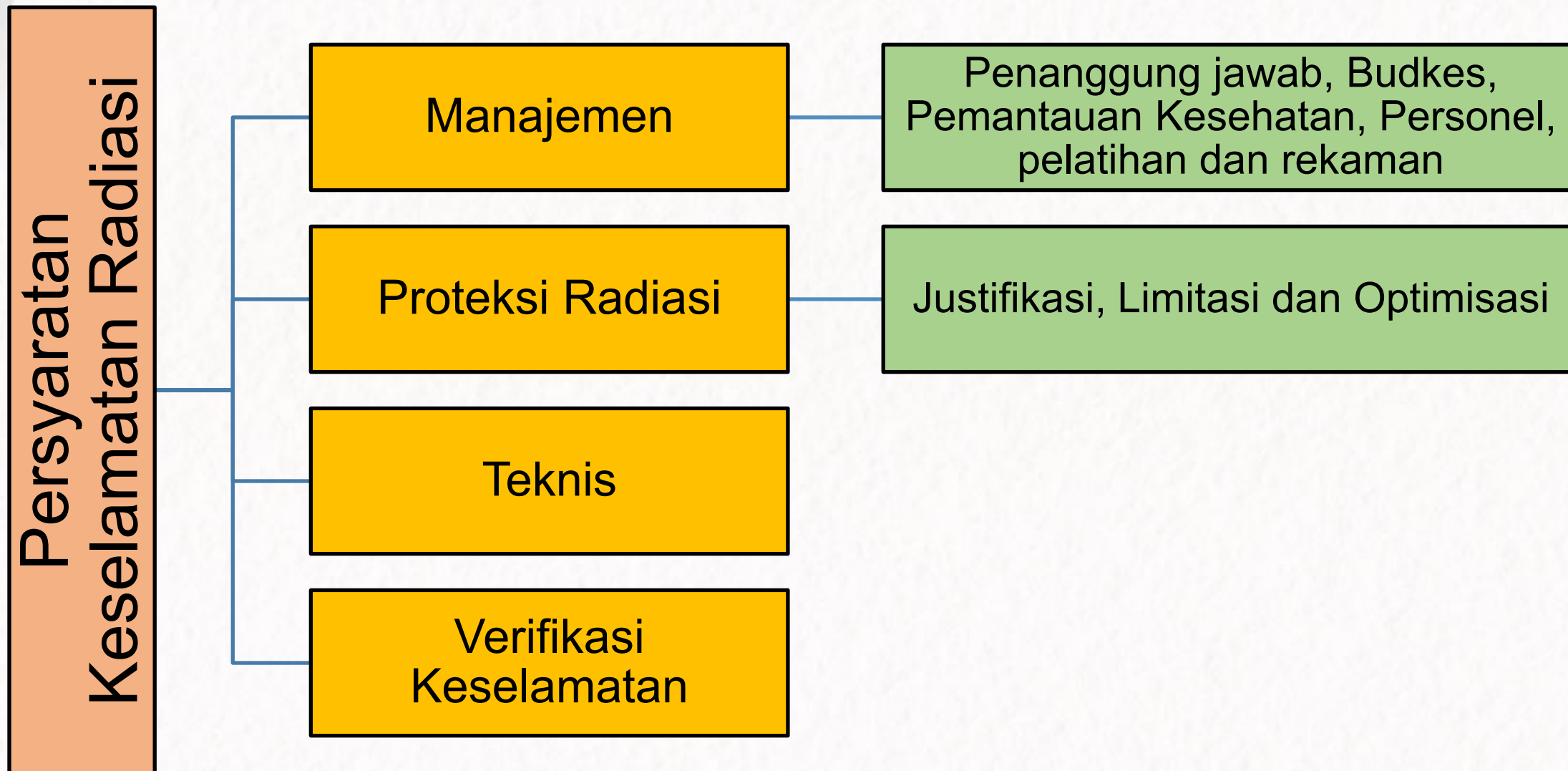
Keselamatan Radiasi

- Upaya melindungi
- Pekerja, Masyarakat dan Lingkungan
- Bahaya Radiasi

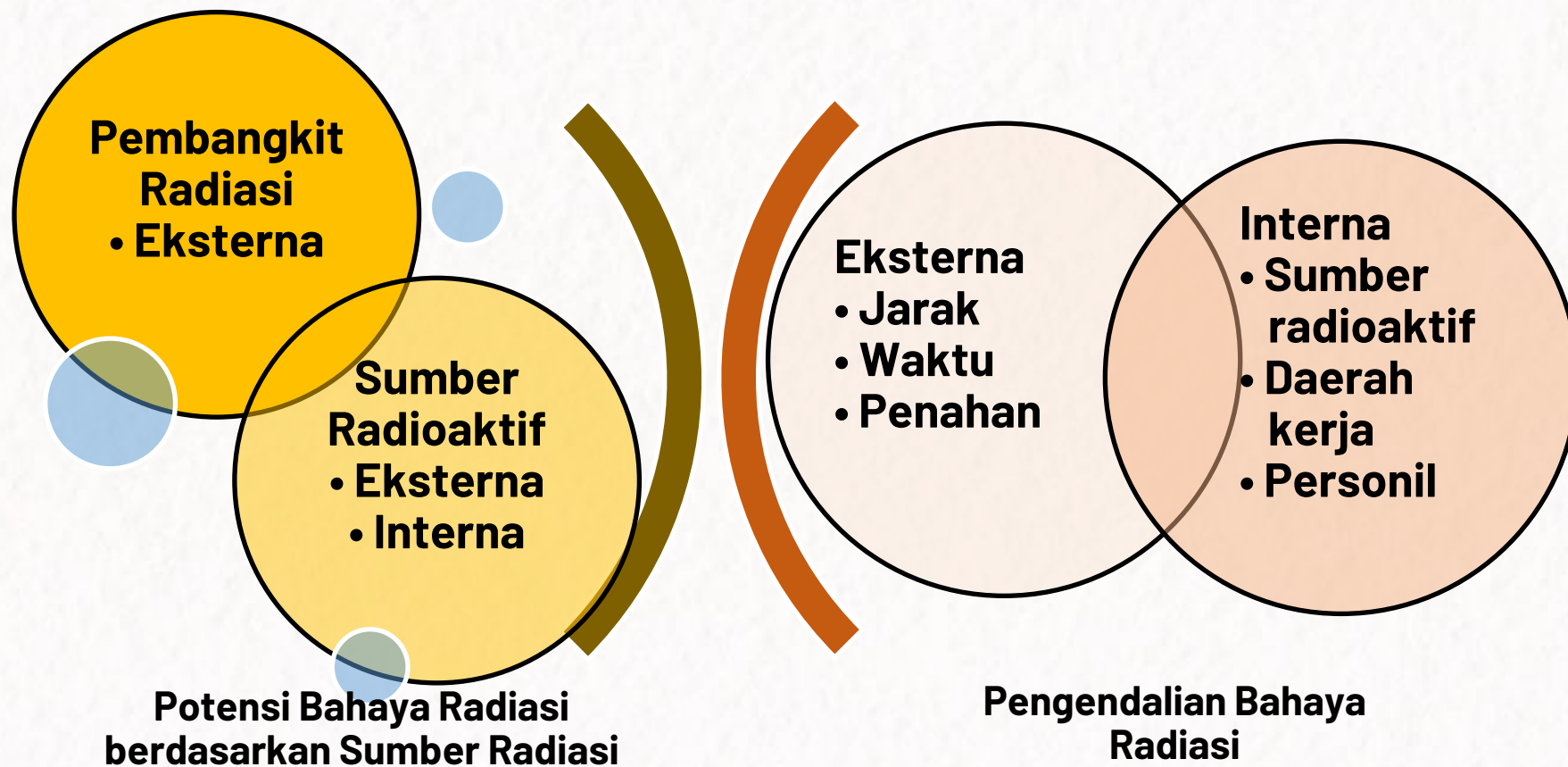
Tujuan Keselamatan Radiasi

- Mencegah terjadinya efek deterministik
- Mengurangi peluang terjadinya efek stokastik

Rangkuman (2/3)



Rangkuman (3/3)



Tingkat Potensi Bahaya Radiasi Relatif (jenis radiasi, daya tembus & daya ionisasi)

- Eksterna: Alpha – Beta – Gamma – Neutron
- Interna : Gamma – Beta – Neutron – Alpha

6

SOAL - SOAL

SOAL (1/7)

Berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN No. 3 Tahun 2020, terkait Keselamatan pada Iradiator, persyaratan manajemen meliputi?

- A. Administrasi, teknik dan khusus
- B. Administrasi, justifikasi dan optimisasi
- C. Proteksi radiasi, teknis dan verifikasi keselamatan
- D. Penanggung jawab, personel, pelatihan dan budaya keselamatan**

SOAL (2/7)

Pernyataan yang benar terkait dengan Nilai Batas Dosis (NBD) adalah:

- A. Merupakan nilai yang membatasi antara dosis radiasi yang dapat menimbulkan efek biologi dengan yang tidak menimbulkan efek biologi
- B. Tidak memperhitungkan penerimaan dosis dari penyinaran medik dan penyinaran alam**
- C. Untuk pekerja radiasi nilainya 20 kali lebih tinggi daripada untuk masyarakat karena pekerja radiasi lebih tahan terhadap radiasi
- D. Jika tidak dilampaui dijamin tidak akan terjadi efek stokastik maupun deterministik

SOAL (3/7)

Pengertian Proteksi/Keselamatan Radiasi adalah:

- A. Tindakan melindungi pekerja dari bahaya radiasi
- B. Tindakan melindungi pekerja dan Masyarakat dari bahaya radiasi
- C. Tindakan melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi**
- D. Tindakan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak paparan radiasi

SOAL (4/7)

Pengertian justifikasi dalam persyaratan proteksi radiasi, yaitu:

- A. Pembatas Dosis yang tidak boleh diterima oleh pekerja radiasi
- B. Proteksi radiasi untuk membatasi penerimaan radiasi eksternal yang akan diterima pekerja radiasi dan masyarakat
- C. Besarnya dosis efektif yang boleh diterima oleh pekerja radiasi besarnya 20 mSv pertahun rata-rata selama 5 tahun berturut-turut
- D. Pertimbangan yang didasarkan bahwa manfaat yang diperoleh dalam penggunaan radiasi jauh lebih besar daripada risiko bahaya radiasi yang ditimbulkan**

SOAL (5/7)

Nilai Batas Dosis (NBD) untuk pekerja radiasi tidak boleh melampaui:

- A. Dosis efektif sebesar 1 mSv dalam satu tahun
- B. Dosis efektif sebesar 20 mSv dalam satu tahun
- C. Dosis efektif sebesar 50 mSv dalam satu tahun tertentu**
- D. Dosis ekuivalen sebesar 20 mSv pertahun rata-rata selama 5 tahun berturut-turut

SOAL (6/7)

Penerapan prinsip optimisasi dalam pemenuhan persyaratan proteksi radiasi sesuai dengan Perka BAPETEN No. 4 tahun 2013 dapat dilakukan dengan:

- a. Melakukan pemantauan kesehatan
- b. Melakukan pemantauan dosis radiasi
- c. Memenuhi spesifikasi teknis peralatan
- d. Menerapkan pembatas dosis bagi pekerja dan masyarakat**

SOAL (7/7)

Diketahui laju dosis pada jarak 1 meter dari sumber radioaktif sebelum menggunakan penahan adalah $160 \mu\text{Sv/jam}$. Berapa laju dosis setelah melalui penahan jika diketahui tebal penahan Pb yang digunakan adalah $8,8 \text{ cm}$ ($\text{HVL}=1,2 \text{ cm}$ dan $\text{TVL}=4,0 \text{ cm}$)?

Diketahui:

$$\begin{aligned} x &= 8,8 \text{ cm} \\ &= 4 + 4,8 = 1 \times 4 + 4 \times 1,2 \\ &= 1 \text{ TVL} + 4 \text{ HVL} \end{aligned}$$

$$I = I_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad I = I_0 \times \left(\frac{1}{10}\right)^m$$

Jawab:

$$\dot{H}_2 = \dot{H}_1 \left(\frac{1}{2}\right)^n \left(\frac{1}{10}\right)^m$$

$$\dot{H}_2 = 160 \left(\frac{1}{2}\right)^4 \left(\frac{1}{10}\right)^1$$

$$\dot{H}_2 = 160 \times \frac{1}{160} = 1 \mu\text{Sv/jam}$$



"Proteksi radiasi itu penting banget. Kita kerja sama radiasi, bukan kerja bareng pacar. Jadi tetap jaga jarak, waktu, dan pakai penahan radiasi!" 😊

Terima Kasih

Atas Perhatian Anda



B.J. Habibie Building
Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta 10340, Indonesia



www.brin.go.id



Brin Indonesia



@brin_indonesia



@brin.indonesia



Bridging Sciences
Empowering Talents

@dpk brin