

DASAR PROTEKSI RADIASI

**Pelatihan Penyegaran Proteksi Radiasi
dan Pengenalan 3S (Safety Securiy Safeguard)
KSTE A. Baiquni**

DPFK BRIN - 2026

BILQIS LATIFAH

bilq001@brin.go.id

Petugas Proteksi Radiasi Instalasi Nuklir Reaktor Kartini (2020 – sekarang)

Pendidikan

DIV Teknokimia Nuklir

Pelatihan

Training Course on Environmental Radiation Monitoring During Nuclear Installation Decommissioning (2025)

The First Follow up Training Course on Radiological Emergency Preparedness and Response (2023)

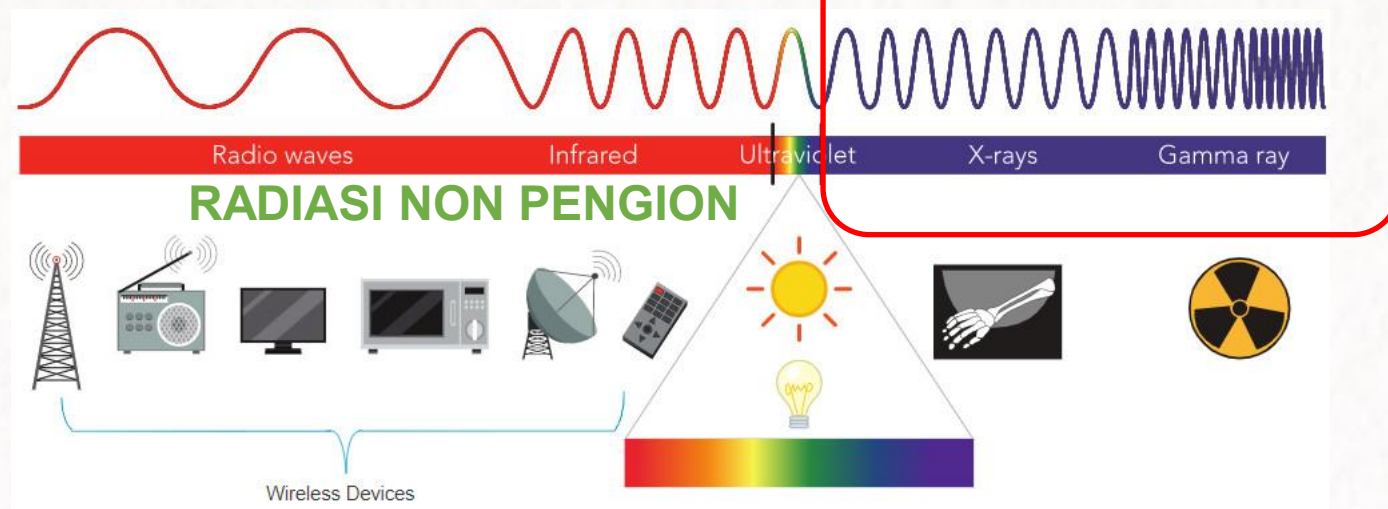
The First Follow up Training Course on Radiological Emergency Preparedness and Response (2021)

1

PENDAHULUAN

RADIASI ?

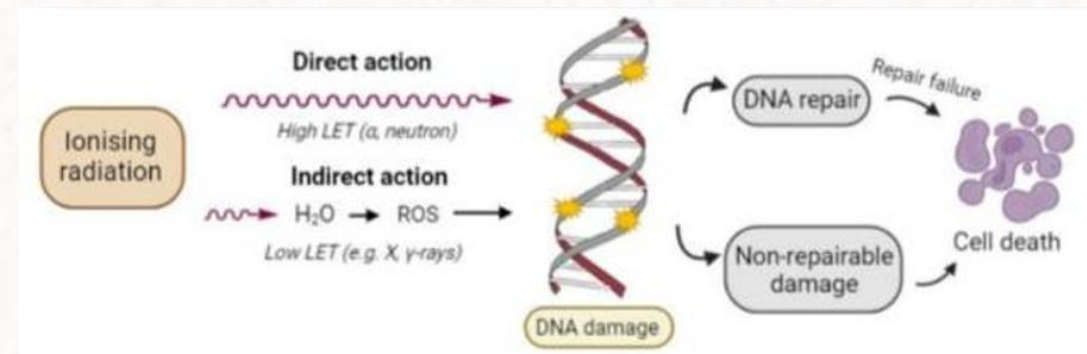
Radiasi adalah energi yang merambat dalam bentuk partikel atau gelombang



Alfa, Beta, Neutron
Gamma, Xray
RADIASI PENGION



MANFAAT



RISIKO

Tindakan yang dilakukan untuk **Melindungi**
Manusia dan Lingkungan
dari akibat paparan radiasi pengion

PROTEKSI RADIASI

TUJUAN PEMBELAJARAN

Kompetensi Dasar

Mengetahui
Penerapan
keselamatan radiasi
dan pengendalian
bahaya radiasi
eksterna dan interna

Indikator Keberhasilan

Mengetahui Jenis Paparan Radiasi

Mengetahui Prinsip Proteksi Radiasi

Mengetahui Sumber Radiasi Interna dan Eksterna

Mengetahui Pengendalian Bahaya Radiasi Interna dan Eksterna

POKOK BAHASAN

Jenis Paparan Radiasi

Prinsip Proteksi Radiasi

Sumber Radiasi Eksterna dan Pengendalian Radiasi Eksterna

Sumber Radiasi Interna dan Pengendalian Radiasi Interna

2

KESELAMATAN RADIASI

Proteksi Radiasi

- Tindakan yang dilakukan untuk **melindungi**
- **Manusia dan Lingkungan hidup**
- dari akibat paparan radiasi pengion

Tujuan Keselamatan Radiasi

- **Mencegah** terjadinya **efek deterministik**
- **Mengurangi** peluang terjadinya **efek stokastik**

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**

Paparan Terencana meliputi

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**

Ketenaganukliran

**Keselamatan Radiasi Pengion dan
Keamanan Sumber Radioaktif**

Proteksi dan Keselamatan Radiasi

**Pemantauan Kesehatan Pekerja
Radiasi**

PRINSIP PROTEKSI RADIASI

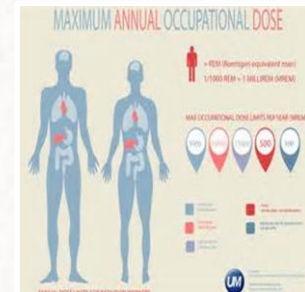


Justifikasi

- **MANFAAT >>> risiko** manfaat yang diperoleh lebih besar daripada risiko yang ditimbulkan dengan memperhatikan aspek keselamatann kesehatan, keamanan, teknologi, sosial, dan ekonomi.

Limitasi

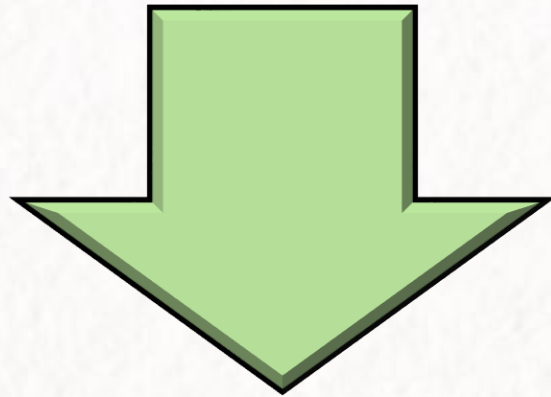
Penerapan **Nilai Batas Dosis** pekerja dan masyarakat
 Berlaku untuk Paparan Kerja dan Paparan Publik



Optimisasi

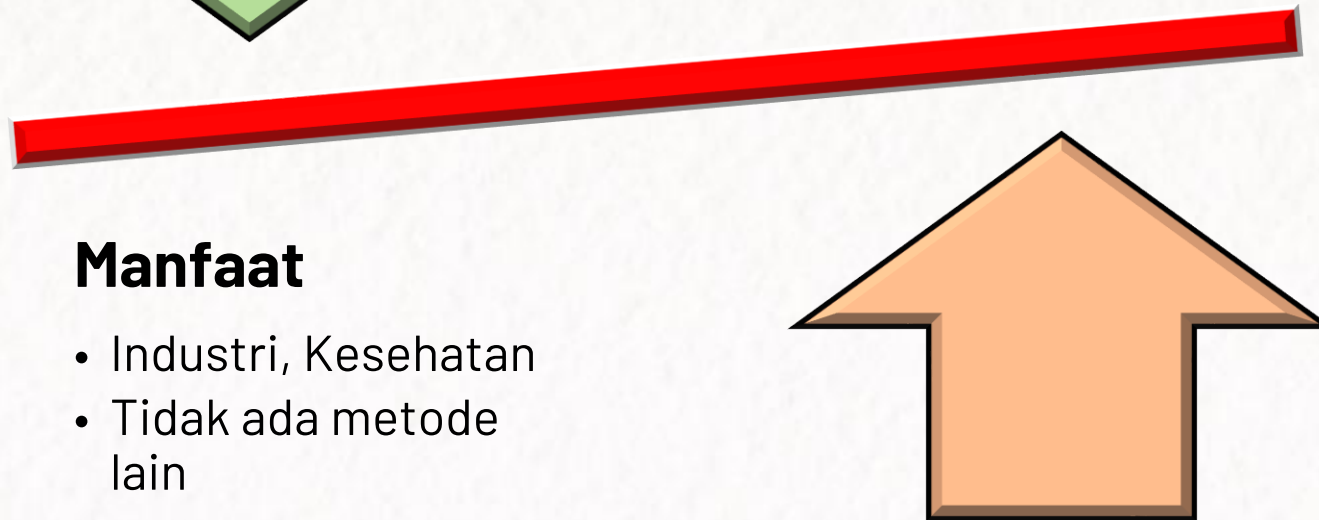
Mengupayakan dosis yang diterima dan jumlah individu yang terpapar serendah mungkin yang dicapai dengan mempertimbangkan faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan >> melalui penerapan **Pembatas Dosis**

PRINSIP PROTEKSI RADIASI (JUSTIFIKASI)



Risiko

- Efek Stokastik
- Efek deterministik



Manfaat

- Industri, Kesehatan
- Tidak ada metode lain

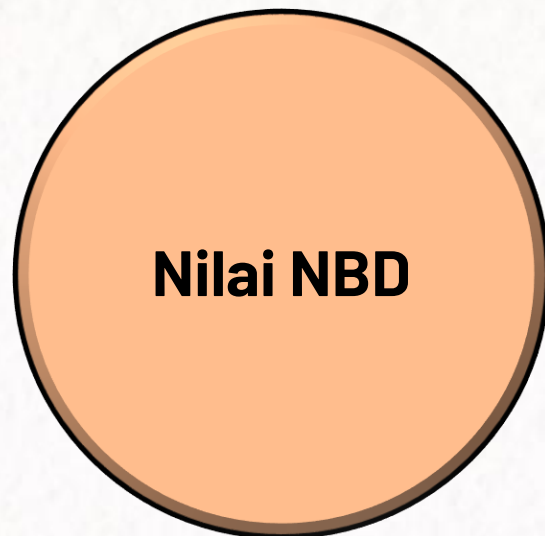
Mempertimbangkan :

- **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 ROTEKSI RADIASI (LIMITASI)

Penerapan 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

PRINSIP PROTEKSI RADIASI (OPTIMISASI)

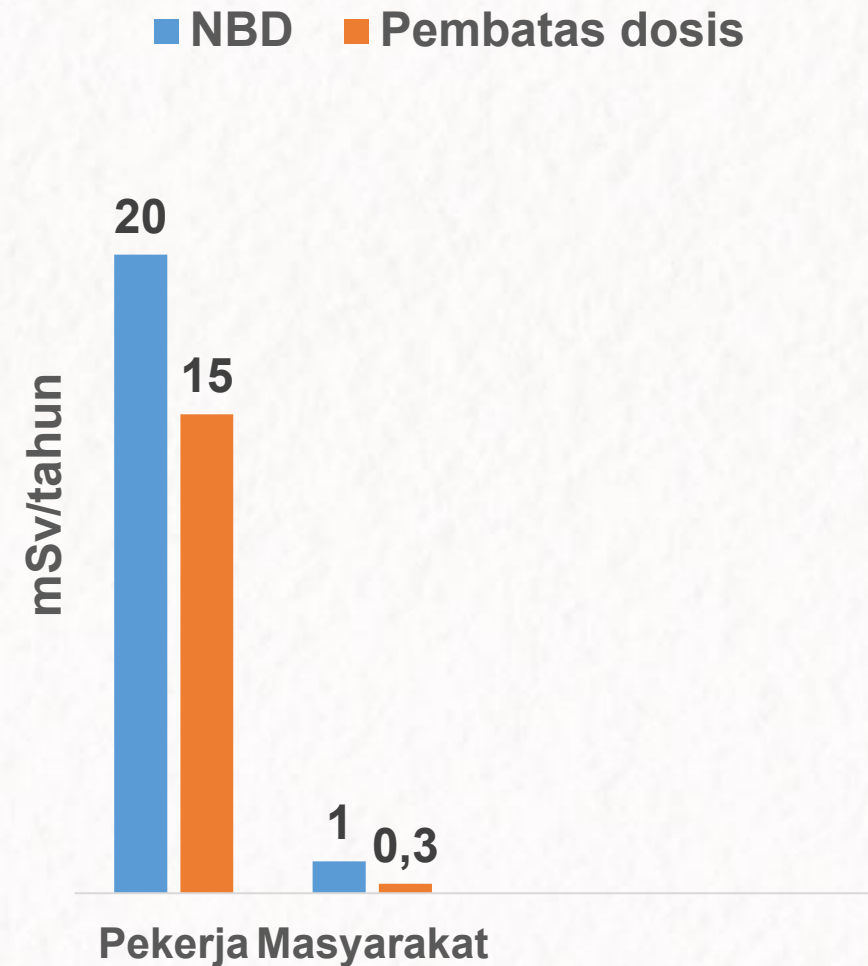
Dosis yang diterima dan jumlah individu yang terpapar **serendah mungkin yang dapat dicapai** dengan mempertimbangkan faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan.

As Low As Reasonably Achievable (ALARA)

Penerapan optimisasi

Pembatas dosis

- Pekerja
- Masyarakat



PRINSIP PROTEKSI RADIASI (OPTIMISASI)



Pekerja

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

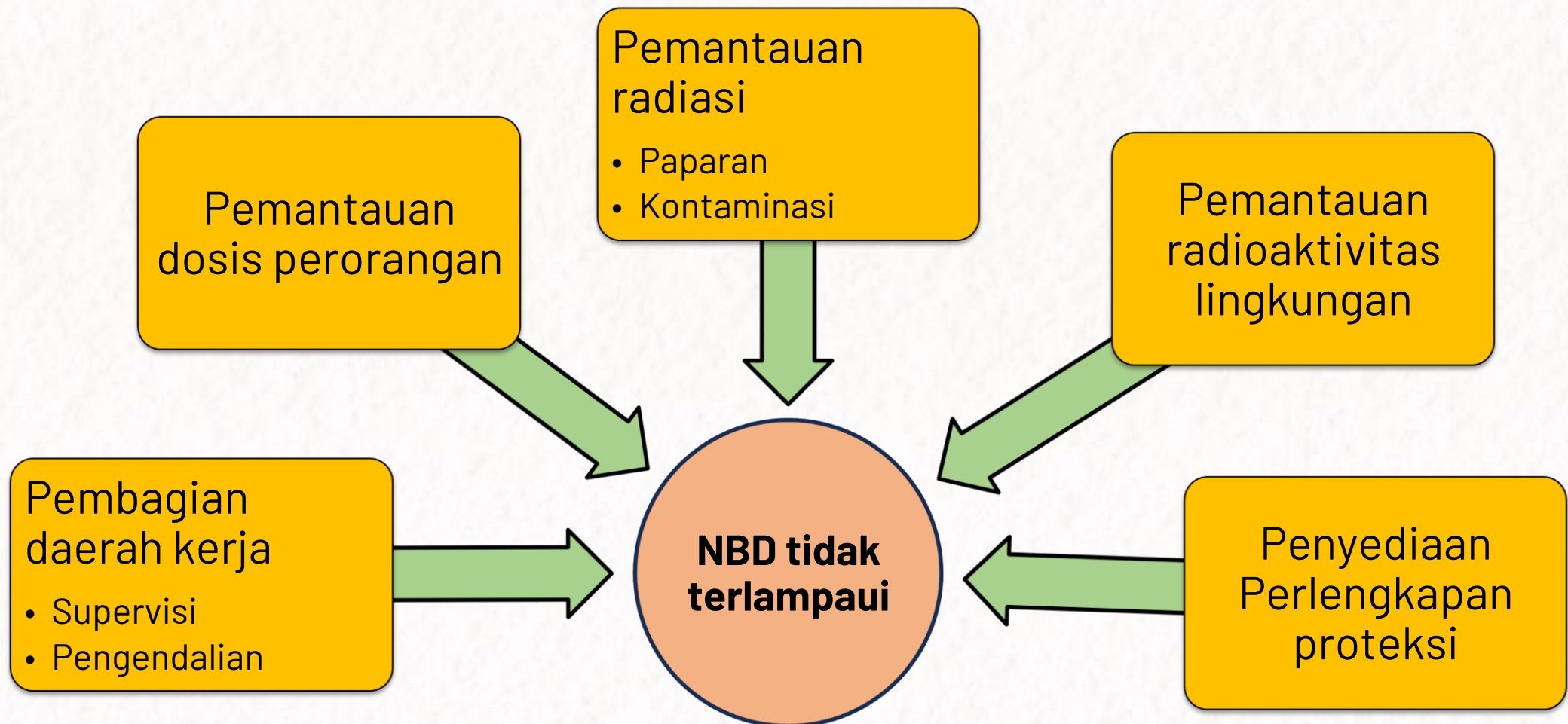


Masyarakat

- Nilai Ditetapkan dalam Peraturan
- 0,3 mSv

(Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013)

Tindakan agar Nilai Batas Dosis Tidak Terlampaui:



Pembagian Daerah Kerja

Daerah Kerja

Supervisi

$E \leq 3/10$
NBD

Bebas
kontaminasi

Tindakan
Proteksi

Tanda
fisik

Tanda
Peringatan

Kaji ulang
radiologi

Pengendalian

$E > 3/10$
NBD

Kontaminasi

Tindakan
Proteksi

Peralatan
kontaminasi

Supervisi

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

menyediakan peralatan pemantauan dan peralatan proteksi radiasi;

Tindakan Proteksi Pada Daerah Pengendalian



AREA PENGENDALIAN RADIASI

PERHATIAN

Untuk memasuki area ini, mohon ikuti aturan berikut :

PEKERJA RADIASI	PENGUNJUNG
Harap memakai - TLD - Jas Laboratorium/Baju Kerja - Sarung Sepatu Selalu bekerja bersama atau berdampingan	Harap memakai <i>Pocket Dose</i> (perwakilan) - Jas Laboratorium - Sarung Sepatu Selalu didampingi petugas

LARANGAN

mohon tidak membawa benda yang mudah jatuh
Silahkan tinggalkan di ruangan petugas proteksi radiasi

Pemantauan Dosis Personel

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*;

Pemantauan Dosis Personel

Pekerja Radiasi



✓ PEMANTAUAN DOSIS INTERNA

Dalam hal, Pekerja Radiasi berpotensi mendapatkan **radiasi interna**, Pemegang Izin wajib menyelenggarakan pemantauan dosis melalui :

- in-vivo dengan whole body counter
- in-vitro dengan bioassay

Perengkapan Proteksi Radiasi

- Peralatan pemantau tingkat radiasi
- Peralatan pemantau Tingkat kontaminasi radioaktif
- Pemanatauan dosis perorangan : aktif dan pasif
- Pemantauan Tingkat radioaktif lingkungan
- Fasilitas mencuci dan mandi untuk dekontaminasi
- Peralatan pelindung diri

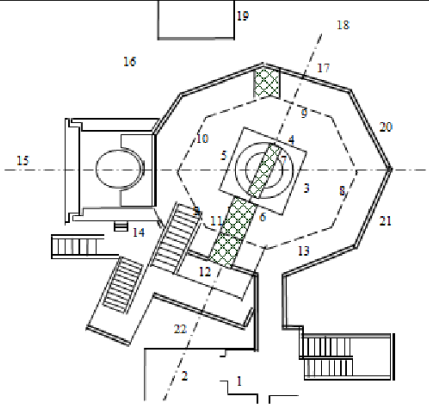
Note :

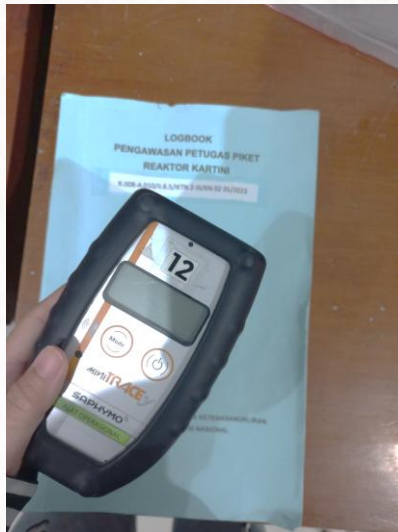
- Disesuaikan dengan jenis sumber radiasi dan energi radiasi yang digunakan
- dikalibrasi secara berkala



Pemantauan Daerah Kerja

- Pemantauan Paparan Radiasi
- Pemantauan kontaminasi permukaan
- Pemantauan kontaminasi udara

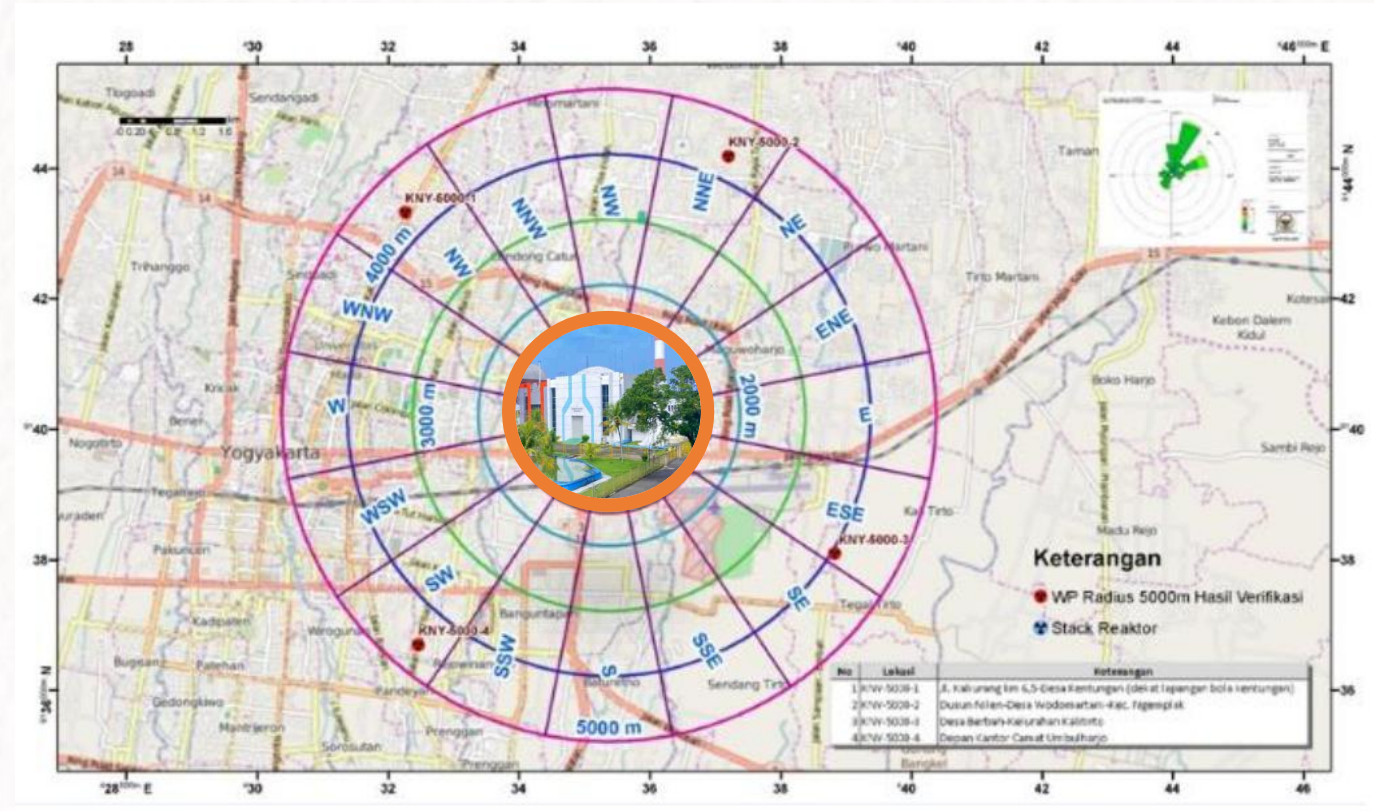
Data Paparan Radiasi Di Gedung Reaktor			
Tanggal :			
Kegiatan :			
Alat Ukur yang dipakai :			
Jenis detektor :			
Tipe/Serial Number :			
Tgl. Kalibrasi ulang :			
Latar :			
Paraf Petugas			
Paraf Supervisor			
No.	Lokasi	$\mu\text{Sv/h}$	
1			
2			
3			



Pemantauan Radioaktivitas Lingkungan

Pemantauan radioaktivitas lingkungan sesuai Rencana Pengelolaan Lingkungan (RPL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL)

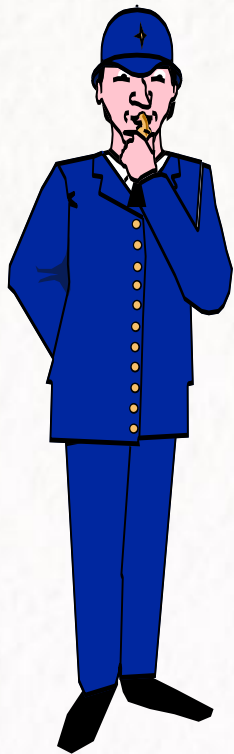
Jenis sampel: Air, tanah, rumput, udara, fallout/jatuhan



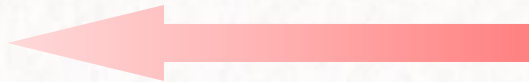
3

PROTEKSI RADIASI EKSTERNA

RADIASI EKSTERNA



Paparan Radiasi Eksterna



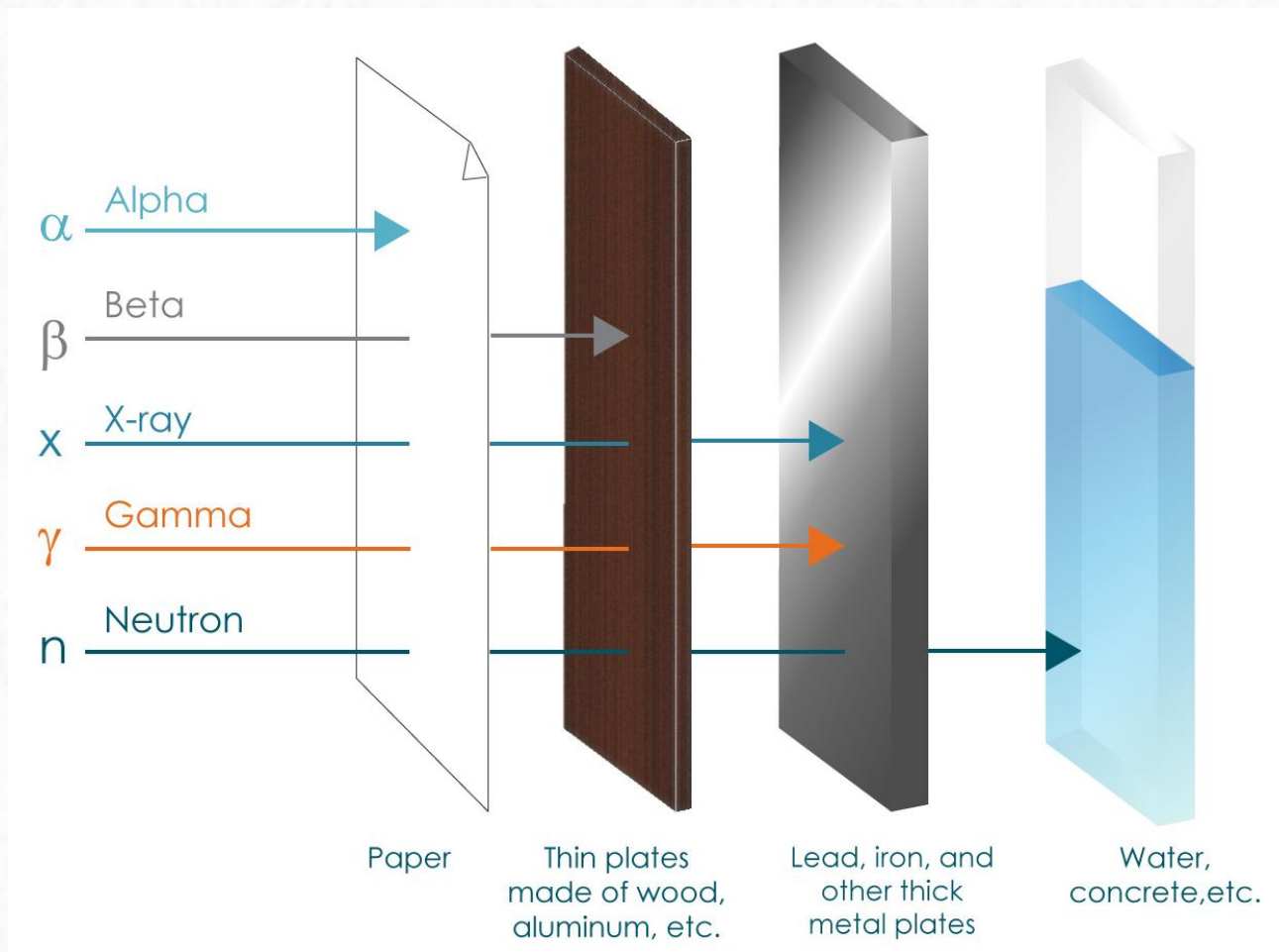
*Sumber radiasi
berada diluar tubuh*

Paparan radiasi eksterna

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

RADIASI EKSTERNA

DAYA TEMBUSNYA



Proteksi Radiasi Eksterna

FAKTOR PENGENDALIAN RADIASI EKSTERNA



WAKTU



JARAK



**PENAHAN
RADIASI**

Proteksi Radiasi Eksterna

FAKTOR WAKTU

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

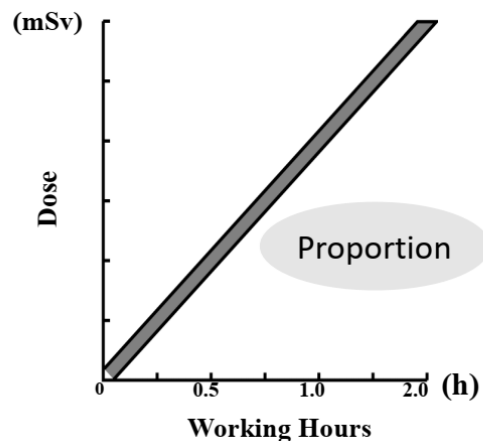
$$D = \dot{D} \cdot t$$

D = Dosis

$\dot{D}$ = Laju dosis

t = Waktu

Dose = Dose-rate x Time

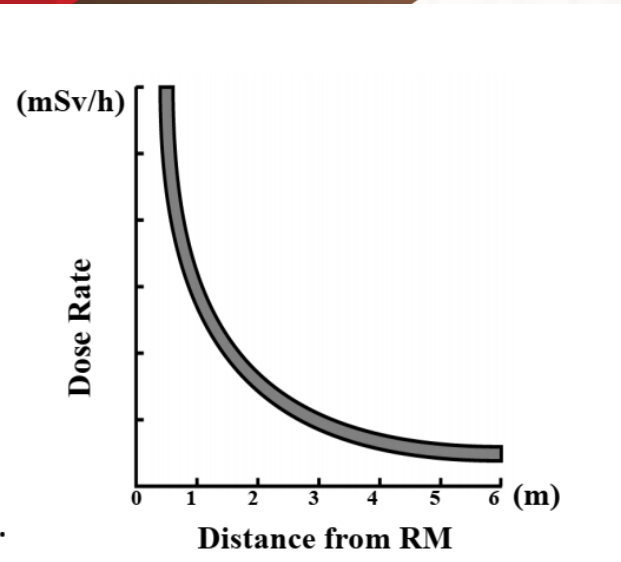


Contoh :

Berapa besar dosis yang diterima seorang pekerja selama 30 menit bila diketahui laju dosis sebesar $20 \mu\text{Sv} / \text{jam}$?

Jawaban = $10 \mu\text{Sv}$

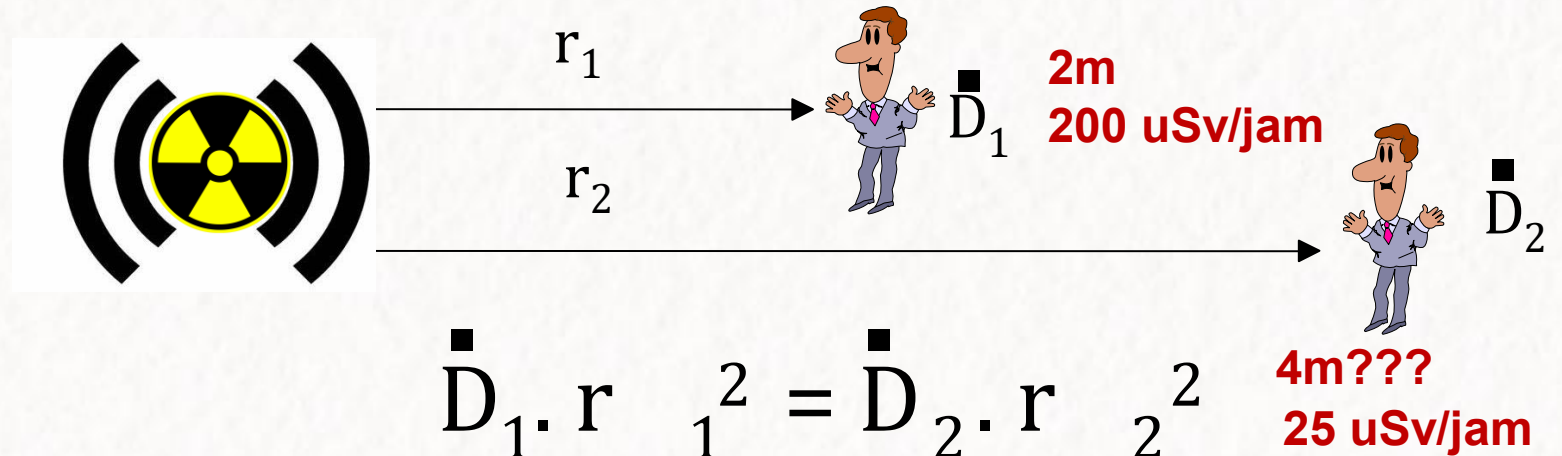
FAKTOR JARAK



Hukum **kuadrat terbalik**

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

Laju dosis **berbanding terbalik** dengan kuadrat jarak

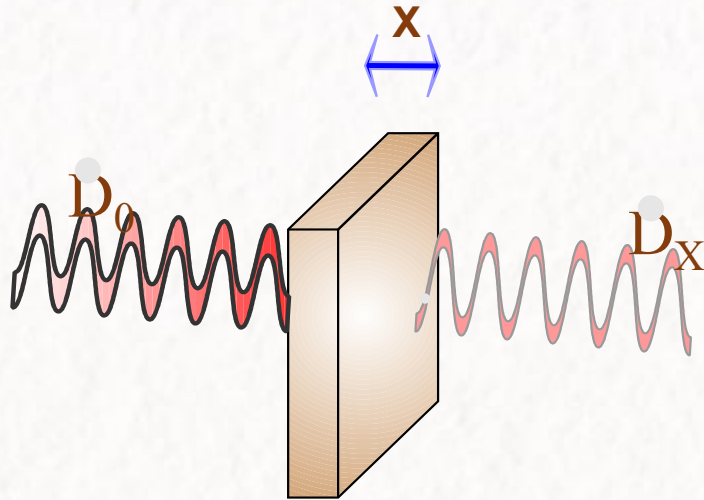


Contoh :

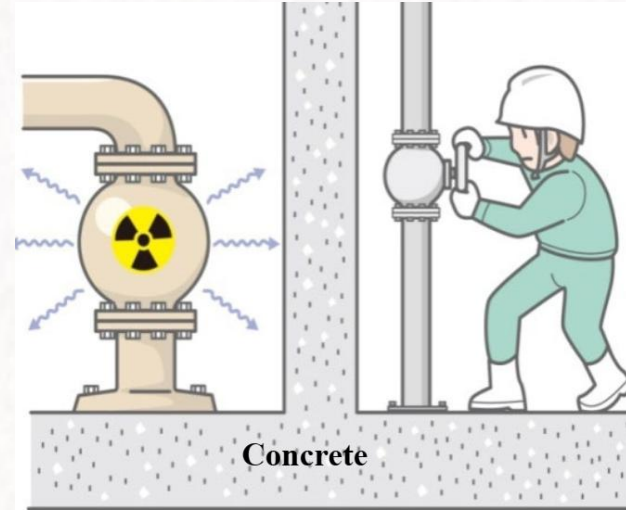
Berapa besar laju dosis pada jarak 4m bila diketahui laju dosis pada jarak 2 m adalah 100 μ Sv/jam?

Jawaban : 25 μ Sv/Jam

PENAHAN RADIASI



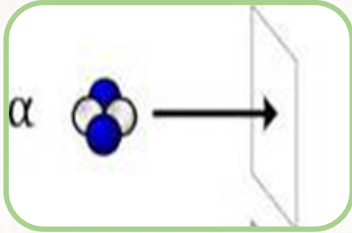
Secara umum Intensitas radiasi berkurang/terserap setelah melewati penahan.



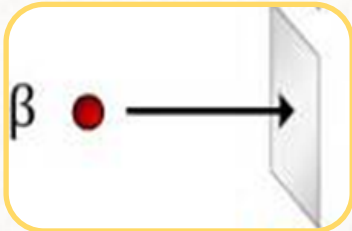
Penahan Radiasi Tetap atau APD berupa Apron



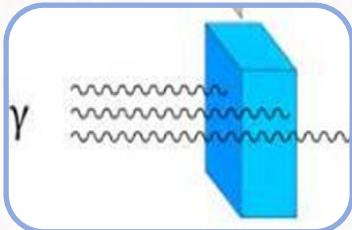
Jenis bahan penahan disesuaikan dengan jenis radiasi



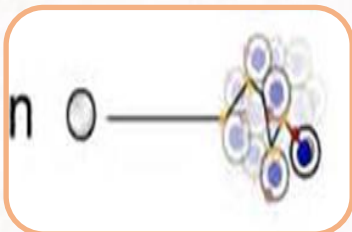
Alpha (α)
Tidak perlu penahan



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

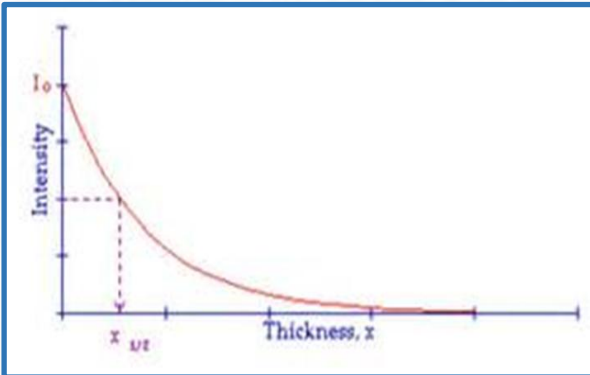


Gamma (γ)
Nomor atom dan densitas tinggi (Pb, beton)



Neutron (n)
penurunan energi/perlambatan (nomor atom kecil seperti hydrogen pada air), diikuti penangkapan (tampang lintang absorbs tinggi seperti boron, cadmium, gadolinium), hasil aktivasi (nomor atom tinggi : Pb)

PENAHAN RADIASI GAMMA



Penurunan intensitas radiasi gamma setelah melalui penahan mengikuti persamaan:

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

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

I : Intensitas radiasi setelah melalui penahan

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

μ : koefisien atenuasi

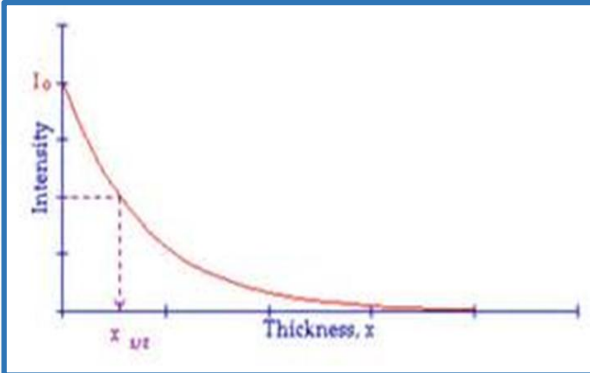
x : ketebalan penahan

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

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

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

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

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

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?

CONTOH PERHITUNGAN

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

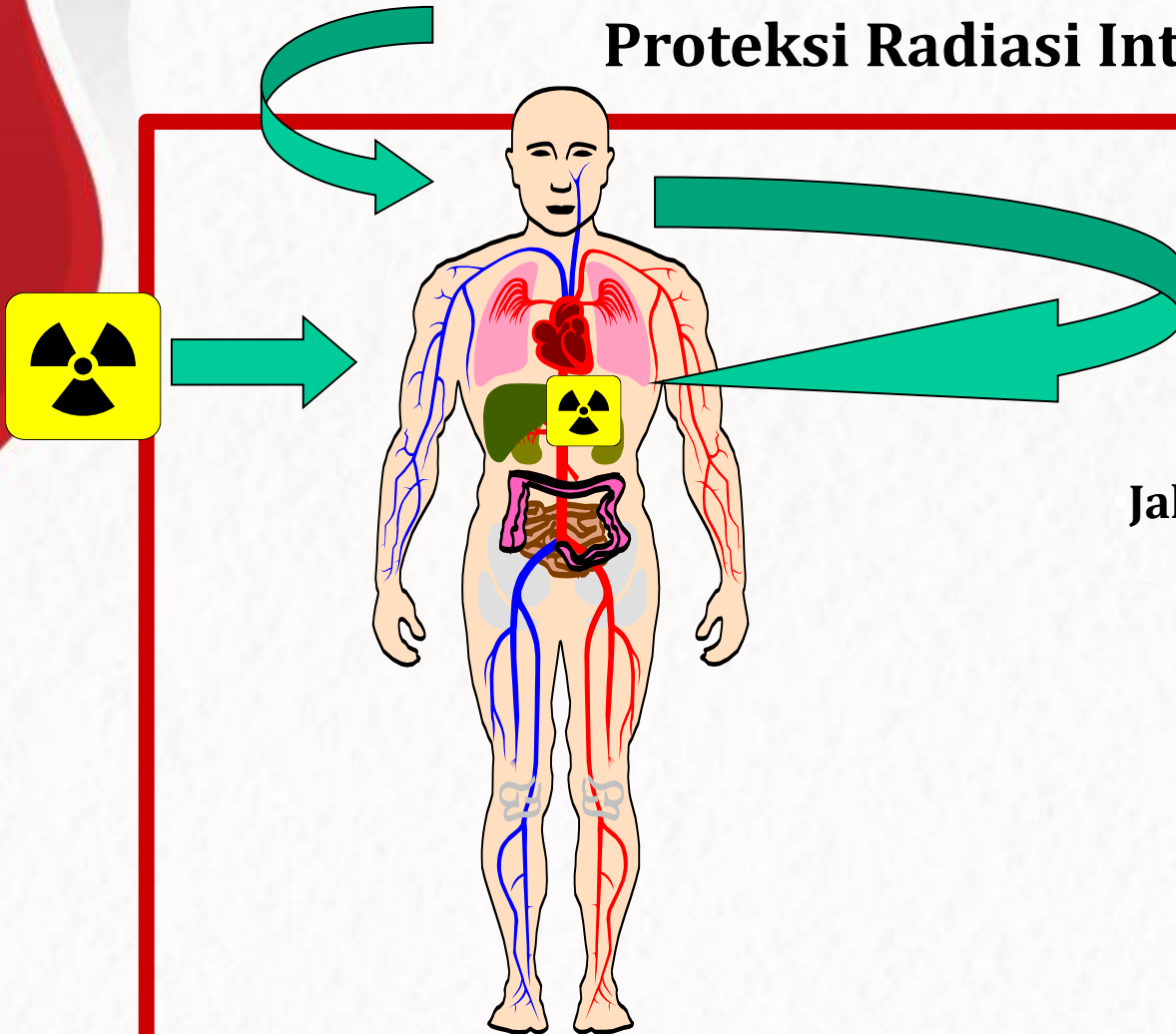
CONTOH PERHITUNGAN

Laju dosis sebelum menggunakan penahan adalah $400 \mu\text{Sv/jam}$. Berapa ketebalan penahan yang dibutuhkan, agar laju dosis turun menjadi $10 \mu\text{Sv/jam}$? Diketahui HVL dan TVL penahan berturut turut adalah $6,5 \text{ mm}$ dan 22 cm .

4

PROTEKSI RADIASI INTERNA

Proteksi Radiasi Interna



SUMBER RADIASI INTERNA

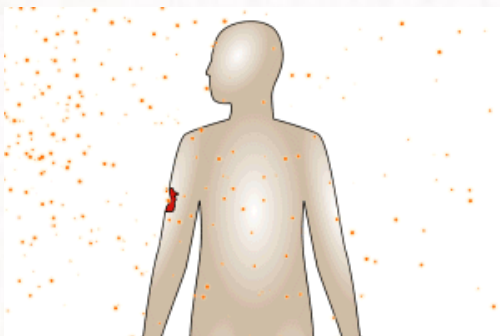
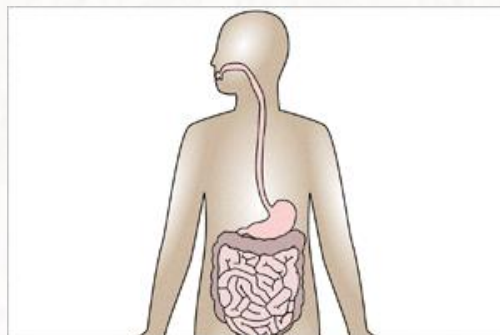
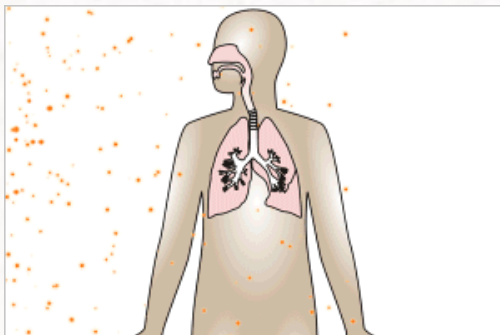
Sumber terbuka : menyebabkan **kontaminasi**

Jalur masuk ke dalam tubuh melalui :

- Inhalasi : jalur pernafasan
- Injeksi : jalur pencernaan
- Penyerapan : melalui kulit / luka

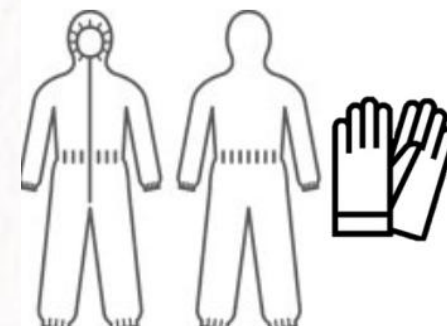
Organ kritis : organ yang mengakumulasi zat radioaktif tertentu, contoh kelenjar tiroid mengakumulasi Iodine

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.



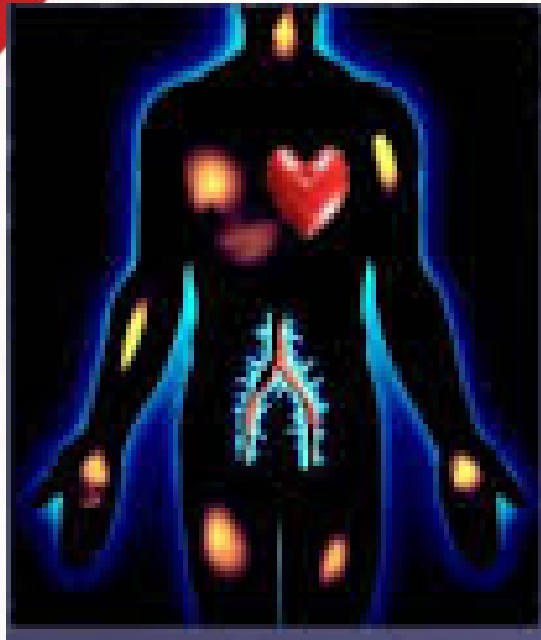
Source:

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

BAHAYA RADIASI INTERNA

Organ kritis:

- Organ yang mengakumulasi terbanyak ZRA yang masuk ke dalam tubuh



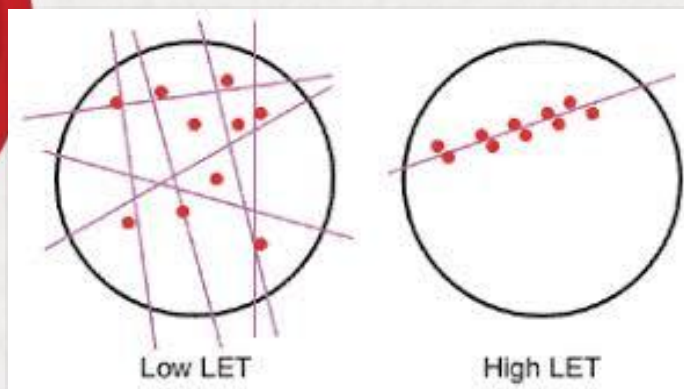
Radionuklida	Organ Kritis
I-131	Tiroid
Sr-90	Tulang
Ir-192	Jaringan lunak

Kecepatan ekskresi ZRA dipengaruhi oleh:

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

POTENSI BAHAYA RADIASI INTERNA

Interna : Alpha – Neutron – Beta – Gamma



**Daya ionisasi-
Linier Energy
Transfer**

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

Proteksi Radiasi Interna

PENGENDALIAN RADIASI INTERNA



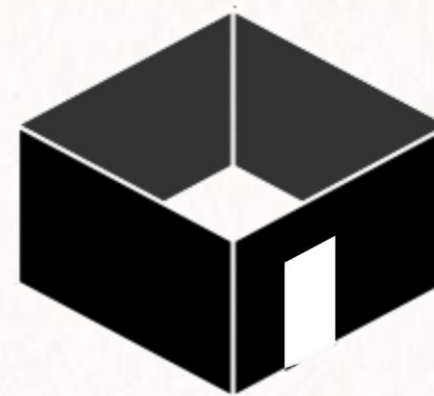
**SUMBER
RADIASI**



**DAERAH
KERJA**



PERSONIL



**DESAIN
FASILITAS**

Proteksi Radiasi Interna



Pengendalian
Sumber
Radiasi

Pembatasan penggunaan ZRA, menggunakan sumber dengan aktivitas yang sesuai

Pembatasan penyebaran ZRA : penggunaan *glove-box*, lemari asam



Desain
Fasilitas

Gedung, ruangan, fasilitas fisik, penyimpanan zat radioaktif, ruang ganti, didesain mudah didekontaminasi

Pengendalian
Daerah Kerja

Pengukuran kadar radioaktivitas udara (KRU)

Tingkat kontaminasi permukaan.



Pengendalian
Pekerja
Radiasi

Penggunaan APD; Baju lab, masker, sarung tangan, shoe cover

5

RANGKUMAN

Rangkuman (1/4)

Proteksi Radiasi

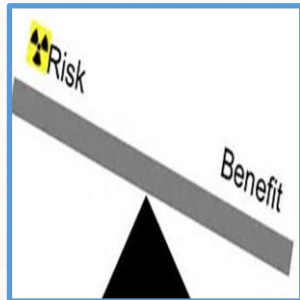
- Tindakan yang dilakukan untuk **melindungi**
- **Manusia dan Lingkungan hidup**
- dari akibat paparan radiasi pengion

Tujuan Keselamatan Radiasi

- **Mencegah** terjadinya **efek deterministik**
- **Mengurangi** peluang terjadinya **efek stokastik**

Rangkuman (2/4)

PRINSIP PROTEKSI RADIASI

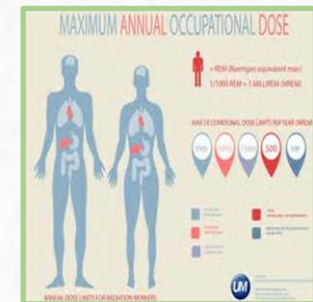


Justifikasi

- **MANFAAT >>> risiko** manfaat yang diperoleh lebih besar daripada risiko yang ditimbulkan dengan memperhatikan aspek keselamatann kesehatan, keamanan, teknologi, sosial, dan ekonomi.

Limitasi

Penerapan **Nilai Batas Dosis** pekerja dan masyarakat
 Berlaku untuk Paparan Kerja dan Paparan Publik

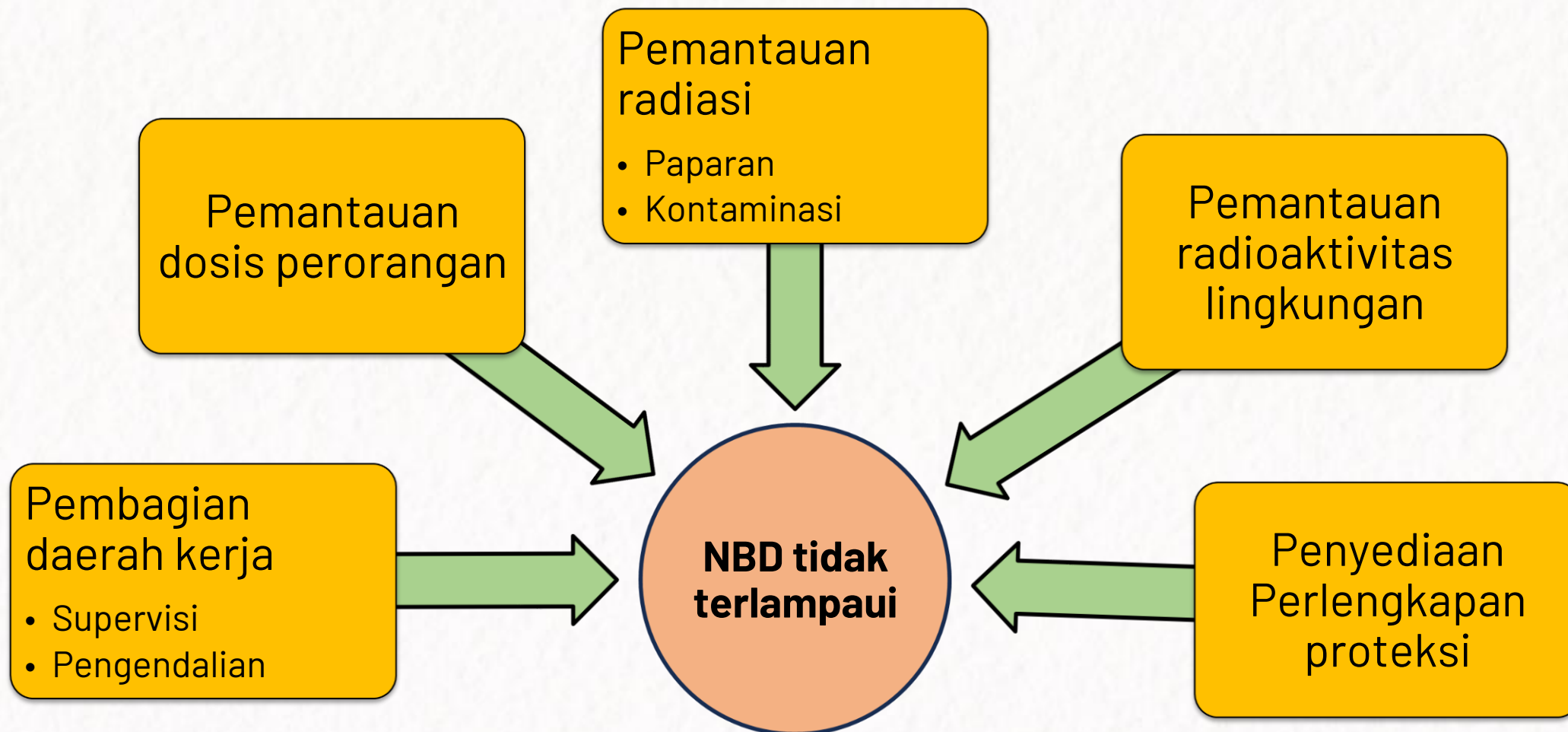


Optimisasi

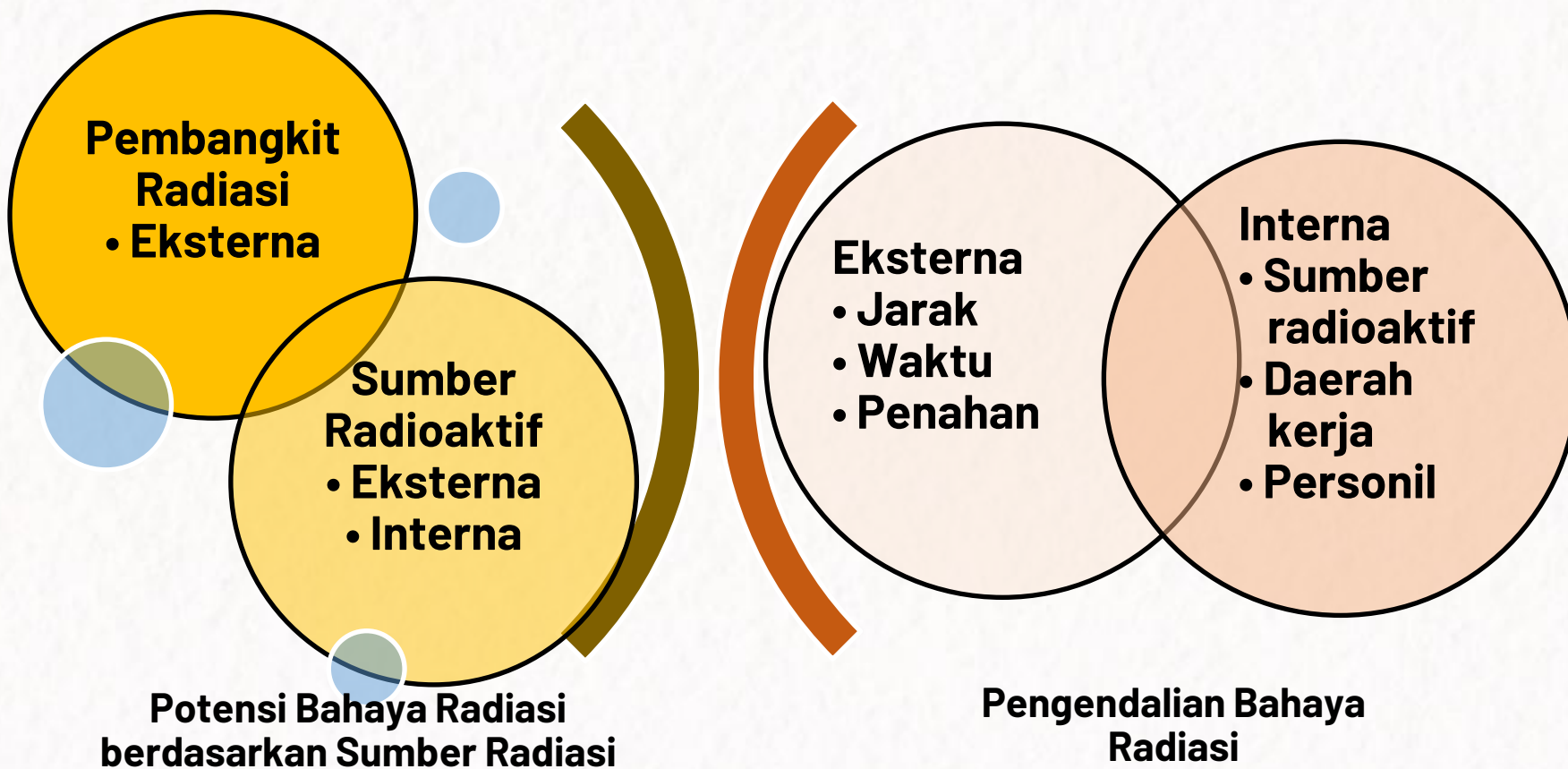
Mengupayakan dosis yang diterima dan jumlah individu yang terpapar **serendah mungkin** yang dicapai dengan mempertimbangkan faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan >> melalui penerapan **Pembatas Dosis**

Rangkuman (3/4)

Tindakan agar Nilai Batas Dosis Tidak Terlampaui:



Rangkuman (4/4)



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

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

6

SOAL - SOAL

SOAL (1/6)

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 (2/6)

Pengertian Proteksi/Keselamatan Radiasi adalah:

- A. Tindakan melindungi pekerja dari bahaya radiasi
- B. Tindakan melindungi pekerja dan Masyarakat dari bahaya radiasi
- C. Tindakan yang dilakukan untuk melindungi Manusia dan Lingkungan hidup dari akibat paparan radiasi pengion
- D. Tindakan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak paparan radiasi

SOAL (3/6)

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 (4/6)

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 10 tahun berturut-turut

SOAL (5/6)

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 (6/6)

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 cm ($\text{HVL}=1,2 \text{ cm}$ dan $\text{TVL}=4,0 \text{ cm}$)?

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