

CHAPTER 6 | Dasar Protetsi Radiasi

Pengertian Keselamatan radiasi → tindakan melindungi pekerja, masyarakat, lingkungan

Tujuan Keselamatan radiasi:

- Mencegah terjadinya efek deterministik
- Membatasi peluang terjadinya efek stokastik

Beberapa dasar hukum protetsi radiasi:

- UU No. 10 tahun 1997 → Ketenag nukliran
- PP No. 33 tahun 2007 → Keselamatan Radiasi Pengion & Keamanan Sumber Radioaktif
- Peraturan BAPETEN No. 4 Tahun 2013 → Protetsi & Keselamatan Radiasi
- Peraturan BAPETEN No. 6 Tahun 2010 → Pemantauan Kesehatan Pekerja Radiasi

Persyaratan Keselamatan

- 1) Persyaratan manajemen
 - 2) Persyaratan protetsi radiasi
 - 3) Persyaratan teknik
 - 4) Verifikasi keselamatan
- Penanggung jawab
 - Budaya keselamatan
 - Pemantauan kesehatan
 - Personil
 - Pelatihan
 - Rekaman
 - Justifikasi, Limitasi, optimasi

1) Persyaratan Manajemen

Ditagi lagi menjadi:

1. Penanggung jawab, dengan tujuan:

- Mewujudkan tujuan keselamatan radiasi
- Menyusun, mengembangkan, melaksanakan & mendokumentasikan PPKR
- Membentuk & menetapkan Penyelenggara Keselamatan Radiasi
- Menentukan tindakan & sumber daya yg diperlukan
- Meninjau ulang setiap tindakan & sumber daya
- Mengidentifikasi setiap kegagalan & kelemahan (perbaikan & pencegahan)
- Membuat prosedur konsultasi & kerja sama antar pihak
- Membuat & memelihara rekaman keselamatan radiasi

2. Budaya keselamatan, dengan cara:

- Membuat prosedur standar & kebijakan
- Mengidentifikasi & memperbaiki faktor yg mempengaruhi protetsi & keselamatan radiasi
- Mengidentifikasi tanggung jawab setiap personel
- Menetapkan kewenangan setiap personel
- Membangun komunikasi pada seluruh tingkatan organisasi
- Menetapkan kualifikasi & pelatihan setiap personel

3. Pemantauan kesehatan

- Tujuan:

- Menilai kesehatan pekerja radiasi
- Memastikan kesesuaian kesehatan dengan pekerjaan
- Memberikan pertimbangan dalam menangani keadaan darurat
- Menyediakan rekaman untuk penanganan kasus paparan kecelakaan (PAK), evaluasi statistik PAK, data medico legal, kajian manajemen protetsi radiasi

- Kluster Pemantauan

- Pemeriksaan kesehatan:
 - a) Sebelum bekerja
 - b) Selama bekerja (periodik 1 th. sekali)
 - c) Akan berhenti bekerja

- Konseling:
 - a) Psikologi
 - b) Konsultasi

- Penatalaksanaan kesehatan:
 - a) Kajian dosis
 - b) Konseling
 - c) Pemeriksaan kesehatan & tindak lanjut

Tujuannya:

- a) - Memastikan pekerja mampu melaksanakan tugas
 - Data status kesehatan awal
 - Klasifikasi status kesehatan awal
- b) - Memantau kondisi kesehatan
- c) - Menentukan kondisi kesehatan pada saat akan berhenti bekerja

Jenis Pemeriksaan kesehatan:

a) Umum

- Anamnesis
- Riwayat Penyakit & keluarga
- Pemeriksaan fisik
- Pemeriksaan laboratorium

b) Khusus

- Pemeriksaan darah lengkap
- Pemeriksaan sperma
- Pemeriksaan aberasi kromosom

→ diberikan kepada:

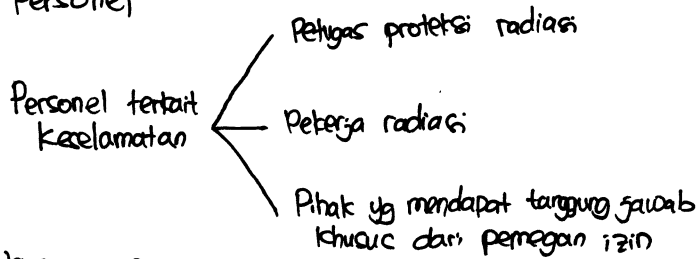
- Pekerja hamil, diduga hamil & menyusui
- Pekerja yg menerima paparan radiasi berlebih
- Pekerja yg ingin mengetahui paparan yg diterima

- a) Eksterna:
 - Dosimeter personal
 - Rekonstruksi dosis

- b) Interna:
 - In vitro
 - In vivo

- c) Konfirmasi:
 - Aberasi kromosom
 - Limfosit absolut
 - Darah lengkap

4. Personel



- Wewenang PPR:

- 1) Mengawasi pelaksanaan program proteksi & keselamatan radiasi
- 2) Mengkaji ulang efektivitas penerapan program proteksi & keselamatan radiasi
- 3) Memberikan instruksi teknis & administratif secara lisan atau tertulis kepada Pekerja Radiasi
- 4) Mengidentifikasi kebutuhan & mengorganisasi kegiatan pelatihan
- 5) Memastikan ketersediaan & kelayakan perlengkapan Proteksi Radiasi & memantau pemakaiannya
- 6) Membuat & memelihara rekaman dosis yg diterima oleh Pekerja Radiasi
- 7) Melaporkan kepada pemegang izin jika pekerja radiasi menerima dosis melebihi pembatas dosis
- 8) Memberitahukan kepada pekerja radiasi mengenai hasil evaluasi pemantauan dosis
- 9) Membuat dokumen yg berhubungan dengan proteksi radiasi
- 10) Melakukan kendali akses di daerah pengendalian
- 11) Melaksanakan latihan perangulangan & pencarian fakta dalam hal kedaruratan
- 12) Memberikan konsultasi terkait proteksi & keselamatan Radiasi di instalasinya

- Tanggung jawab pekerja radiasi:

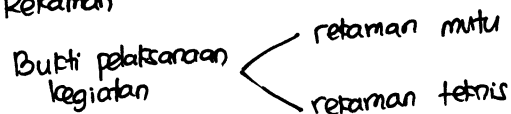
- 1) Mematuhi prosedur operasi
- 2) Mengikuti pemantauan kesehatan & pemantauan dosis perorangan
- 3) Mengikuti pendidikan & pelatihan
- 4) Menggunakan peralatan pemantauan dosis perorangan & peralatan proteksi radiasi
- 5) Menginformasikan kepada pemegang izin tentang riwayat pekerjaan
- 6) Menyampaikan masukan kepada PPR

5. Pendidikan & Pelatihan

Materi:

- Peraturan perundang-undangan & tenaga nuklir
- Sumber radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir
- Efek biologi radiasi
- Satuan & besaran radiasi
- Prinsip proteksi & keselamatan radiasi
- Alat ukur radiasi
- Tindakan dalam keadaan kedaruratan

6. Rekaman



2) Persyaratan Proteksi Radiasi:

1. Justifikasi → Manfaat >>> resiko (stokastik, deterministik)
2. Limitasi Dosis → Dosis terbesar diizinkan BAPETEN
 - Waktu tertentu
 - Tanpa efek beranti

Nilai NBD (Nilai Batas Dosis)

Pekerja

$\bar{E} = 20 \text{ mSv/th}$ untuk 5 tahun
 $E = 50 \text{ mSv/th}$ untuk 1 th tertentu
 $H_{\text{mata}} = 20 \text{ mSv/th}$ untuk 5 th
 $H_{\text{kulit}} = 500 \text{ mSv}$

Masyarakat

$E = 1 \text{ mSv/th}$
 $H_{\text{mata}} = 15 \text{ mSv/th}$
 $H_{\text{kulit}} = 150 \text{ mSv/th}$

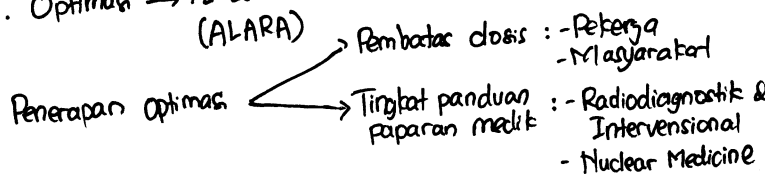
Upaya Limitasi Dosis

Agar NBD tidak terlampaui:

- 1) Pembagian daerah kerja
 - supervisi
 - pengendalian
- 2) Pemantauan Dosis Perorangan
- 3) Pemantauan Radiasi
 - Paparan
 - kontaminasi
- 4) Pemantauan radioaktivitas lingkungan
- 5) Penyediaan perlengkapan proteksi

Limitasi proteksi radiasi ^(NBD) TIDAK termasuk penyinaran alam & medis

3. Optimasi → As Low As Reasonably Achievable (ALARA)



Pekerja:

- Ditetapkan pemegang izin
- Berdasarkan evaluasi dosis & beban kerja
- Ditinjau ulang
- Diuraikan dalam program proteksi
- $\leq \text{NBD}$

Masyarakat:

- Nilai ditetapkan peraturan
- $0,3 \text{ mSv}$

Proteksi Radiasi Eksterna

Tingkat potensi bahaya radiasi (kecil → besar)

Eksterna : Alfa, Beta, Gamma, Neutron

Interna : Gamma, Beta, Neutron, Alfa

Pengertian proteksi radiasi → tindakan yg dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yg merusak akibat paparan radiasi

Sumber radiasi tertungkus → zat radioaktif berbentuk padat yg tertungkus secara permanen dalam kapsul yg terikat kuat

Paparan Radiasi Eksterna → Paparan yg berasal dari sumber radiasi yg berada di luar tubuh

Jenis radiasi	α	β	X-ray	γ	Neutron
Bahaya relatif	Sangat kecil	kecil	Besar	Besar	Sangat besar

Pengendalian radiasi eksternal:

- Waktu
- Penahan
- Jarak

1) Waktu → Dosis yg diterima sebanding dengan lamanya waktu terpapar

$$D = \dot{D} \cdot t \quad \dot{D} = \text{laju dosis}$$

2) Faktor jarak → Laju dosis berbanding terbalik dengan kuadrat jarak

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

3) Faktor penahan : disesuaikan dengan jenis radiasi

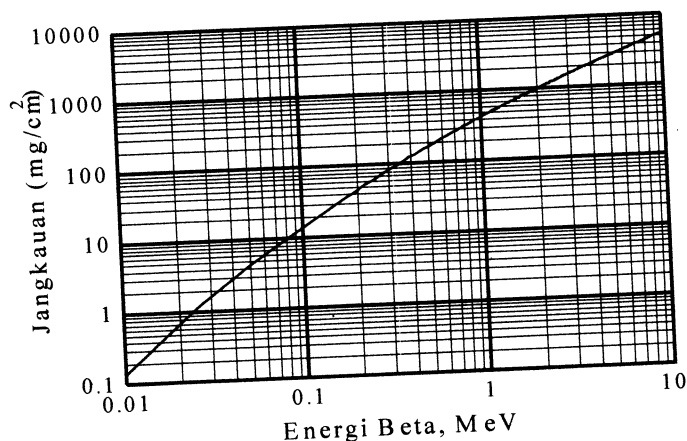
α → tidak perlu penahan

β → Z rendah dilapisi material Z tinggi (Plastic, Al)

γ → Z & ρ tinggi (Pb, beton, Fe)

Neutron → A rendah, penangkap neutron tinggi

Penahan radiasi beta → tergantung energi radiasi



Penahan Radiasi Gamma

Penurunan intensitas gamma setelah melalui penahan mengikuti persamaan

$$I = I_0 \exp(-\mu x)$$

Jika:

$$\rightarrow X = HVL \rightarrow HVL = \frac{\ln(2)}{\mu} = \frac{0.693}{\mu}$$

$$I = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n, \quad n = \frac{X}{HVL}$$

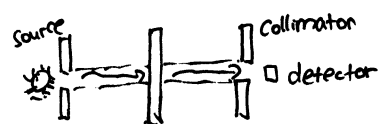
$$\rightarrow X = TVL \rightarrow TVL = \frac{\ln(10)}{\mu} = \frac{2.303}{\mu}$$

$$I = I_0 \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^m, \quad m = \frac{X}{TVL}$$

Penahan radiasi gamma:

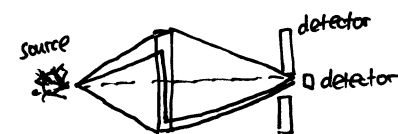
- Bertas Sempit

$$I = I_0 \exp(-\mu x)$$



- Bertas Lebar

$$I = B \cdot I_0 \exp(-\mu x)$$



Penahan Radiasi Neutron

Moderasi : air, parafin

Penangkapan : boron, cadmium

Aktivasi : Pt

Proteksi Radiasi Interna

Paparan radiasi interna → paparan yg berasal dari zat radioaktif yg berada di dalam tubuh

Proses terjadinya:

kontaminasi eksternal → kontaminasi interna → Paparan radiasi interna

kontaminasi : keberadaan zat radioaktif di tempat yg tidak seharusnya & berpotensi menyebabkan terjadinya paparan radiasi interna

Potensi bahaya

Jenis radiasi	α	β	γ	Neutron
Bahaya relatif	tinggi	sedang	rendah	sedang-tinggi

Mekanisme jalur masuk ZRA :

- Pernafasan
- Pencernaan
- Absorpsi kulit

Kecepatan ekskresi dipengaruhi oleh:

- Metabolisme
- Umur paruh efektif

$T_{1/2}$ fisik

$T_{1/2}$ biologis

Organ Kritis → organ yg paling banyak mengakumulasi terbanyak ZRA yg masuk ke dalam tubuh

Radionuklida	OAR
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
- 2) Daerah kerja :
 - Desain fasilitas
 - Pemantauan kontaminasi
 - Detontaminasi
- 3) Personil :
 - Penggunaan APD (Pakaian, pernafasan)

Batas Masukan Tahunan (BMT)

BMT → masukan suatu radionuklida melalui saluran pernafasan & pencernaan ke dalam tubuh dalam setahun

→ menghasilkan dosis efektif terikat yg sama dengan NBD

$$BMT = \frac{NBD}{e(g)}$$

BMT bergantung:

- Radionuklida
- Kelompok umur
- Pekerja radiasi/masyarakat

Pertiroan BMT melalui sistem pernafasan

$$KRU = \frac{BMT}{\text{volume udara dihirup}}$$

U/ laju pernafasan normal:

- Pekerja radiasi : $9,6 \text{ m}^3$ (8 jam/hari)
- Masyarakat : 22 m^3 (24 jam/hari)