

# SISTEM KESELAMATAN IRADIATOR

Pelatihan Petugas Iradiator Industri

**Suharni**

Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN - 2025  
12 September 2025

# Biodata Pengajar



**085228347653**  
**suharni1@brin.go.id**

<b>Nama</b>	<b>: Suharni, S.Si</b>
<b>Pendidikan</b>	<b>: S1 - Ilmu Fisika FMIPA S2 ongoing di MTF</b>
<b>Kompetensi</b>	<b>: Fisika Nuklir</b>
<b>Pengalaman Mengajar</b>	<b>: 1. Penyegaran Petugas Iradiator Eksternal Instansi (PT. Indowire Prima Industrindo, PT. Onejet Indonesia, PT. Sumi Rubber)</b> <b>2. PT. Jayamas Medica Industri</b> <b>3. PT. Oneject</b> <b>4. PT. EDS Manufacturing Indonesia</b> <b>5. PT. Nipro Ind Jaya, PT. Energi Sterila Higiena, PT. Sumi Rubber Ind.</b>

# 1

# LATAR BELAKANG

## Latar Belakang

- ✓ Pemanfaatan tenaga nuklir: radiasi gamma atau iradiasi elektron di bidang industri (aplikasi di bidang sterilisasi radiasi, produk medis dan farmasi, iradiasi makanan, polimer modifikasi dan lingkungan)
- ✓ Sifat radiasi pengion yang digunakan dalam kegiatan industri membutuhkan pertimbangan keselamatan dalam rangka untuk mendapatkan perizinan dari instansi berwenang mulai dari tahap perencanaan, konstruksi desain, operasi dan pemeliharaan fasilitas iradiasi serta dekomisioning atau pembongkaran fasilitas:  
Organisasi Pengoperasi
- Penggunaan sumber radiasi pengion diawasi dan dikendalikan oleh BAPETEN. Dalam kondisi apapun iradiator tsb tidak diizinkan dioperasikan oleh orang atau petugas yang tidak terqualifikasi, baik mengoperasikan, melakukan **perawatan, perbaikan atau modifikasi terhadap sistem iradiator tersebut.**

## Tujuan Pembelajaran

Peserta mampu menjelaskan kategori iradiator sumber radiasi pengion, falsafah disain keselamatan, persyaratan khusus dan penanggulangan kedaruratan fasilitas iradiator.

Indikator keberhasilan:

- Menjelaskan kategori iradiator sumber radiasi pengion
- Mengetahui persyaratan sistem keselamatan
- Menyebutkan falsafah keselamatan disain iradiator

## Pokok Bahasan

1. Fasilitas Iradiasi Pembangkit Radiasi Pengion
2. Persyaratan

## Dasar Hukum

1. **PP No. 45/2023: Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif**
2. **Perka BAPETEN No. 3/2020: Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Iradiator untuk Iradiasi**

# 2

## Fasilitas Iradiasi Pembangkit Radiasi Pengion

## Fasilitas Iradiasi Pembangkit Radiasi Pengion

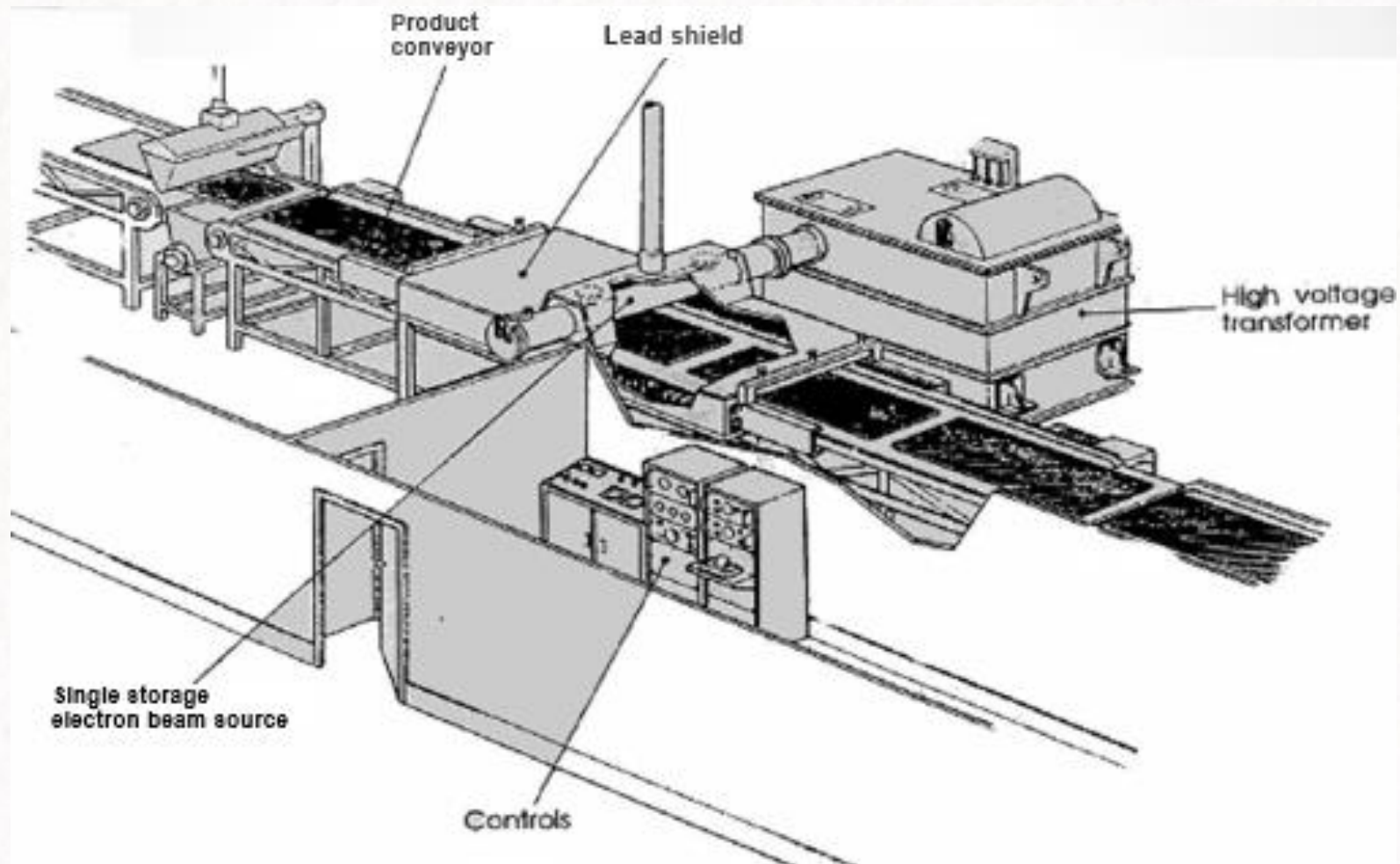
**Iradiator** adalah peralatan yang menggunakan sumber radioaktif atau pembangkit radiasi pengion untuk mengiradiasi bahan dengan tujuan polimerisasi, pengawetan, atau sterilisasi.

Hingga saat ini fasilitas iradiasi sumber radiasi pengion dibedakan dalam 2 kategori, yaitu:

### **Kategori 1:**

Suatu unit terpadu dari sebuah penghasil berkas elektron/ion dengan sistem interlock, dimana konfigurasi perisai tidak memungkinkan akses manusia selama operasi, ditunjukkan pada Gambar 1.

## Fasilitas Iradiasi Pembangkit Radiasi Pengion

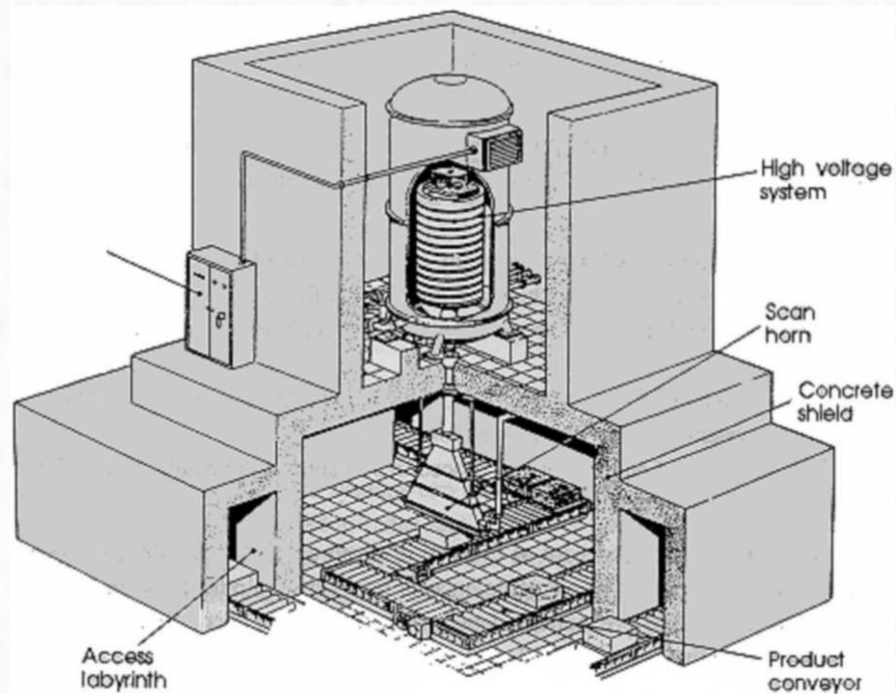


Gambar 1. Iradiator elektron/ion dengan energi dibawah 0,5 MeV

## Fasilitas Iradiasi Pembangkit Radiasi Pengion

### Kategori 2:

Sebuah unit berkas elektron/ion yang terletak didalam ruang terlindung yang diupayakan tidak dapat diakses oleh manusia selama operasi oleh sistem kendali, ditunjukkan pada Gambar 2. Fasilitas Unit berkas elektron/ion ini beroperasi biasanya dengan energi elektron/ion lebih tinggi dari 0,5 MeV.



Gambar 2. Iradiator elektron/ion dengan energi lebih tinggi dari 0,5 MeV

# 3

## PERSYARATAN

# Persyaratan

## A. Persyaratan Administrasi

Setiap orang atau badan yang akan menggunakan iradiator wajib memiliki izin dari Kepala BAPETEN dan memenuhi persyaratan Keselamatan Radiasi.

Izin penggunaan iradiator **diberikan secara bertahap meliputi: izin konstruksi dan izin operasi.**

Persyaratan izin penggunaan Iradiator dengan Pembangkit Radiasi Pencil Kategori I, meliputi:

- a. **Copy KTP, kartu izin tinggal sementara (KITAS), paspor, atau surat** keterangan domisili perusahaan; akta pendirian badan hukum atau badan usaha; dan surat izin usaha perdagangan (**SIUP**) atau izin usaha tetap dari instansi yang berwenang;
- b. **data lokasi penggunaan;**
- c. **dokumen program Proteksi dan Keselamatan Radiasi;**
- d. **fotokopi bukti permohonan** pelayanan pemantauan dosis perorangan untuk orang atau badan yang baru mengajukan izin atau hasil evaluasi pemantauan dosis perorangan
- e. **fotokopi sertifikat** kalibrasi surveymeter;
- f. **fotokopi Surat Izin Bekerja (SIB)** Petugas Proteksi Radiasi; Operator; Petugas Dosimetri; dan Petugas Perawatan.

# Persyaratan

## B. Persyaratan Keselamatan Radiasi

### 1. Persyaratan manajemen;

(Pemegang izin, kompetensi personel: PPR, Operator, dosimetri, dan perawatan)

### 2. Persyaratan proteksi radiasi;

(memperhitungkan faktor ekonomi dan sosial (*prinsip As Low as Reasonably Practicable*))

### 3. Persyaratan teknik

### 4. Verifikasi keselamatan

(pengujian terhadap parameter keselamatan & program perawatan)

## B. 1. Persyaratan manajemen

### **Pemegang izin wajib menunjuk penanggungjawab keselamatan dengan tugas meliputi:**

- a. menyediakan, mengimplementasi, dan mendokumentasi program Proteksi dan Keselamatan Radiasi;
- b. memverifikasi secara sistematis bahwa hanya personil yang sesuai dengan kompetensi yang dapat bekerja dalam penggunaan Iradiator;
- c. menyelenggarakan pelatihan Proteksi dan Keselamatan Radiasi;
- d. menyelenggarakan pemantauan kesehatan bagi personil; menyediakan perlengkapan Proteksi Radiasi; dan
- e. melaporkan kepada Kepala BAPETEN mengenai pelaksanaan program proteksi dan Keselamatan Radiasi, serta verifikasi keselamatan.

## B. 1. Persyaratan manajemen

### **Persyaratan Manajemen:**

- a. penanggung jawab Keselamatan Radiasi;
- b. Budaya Keselamatan;
- c. pemantauan kesehatan;
- d. personel;
- e. pendidikan dan pelatihan proteksi dan Keselamatan Radiasi; dan
- f. rekaman dan laporan.

## B. 1. Persyaratan manajemen

Pemegang Izin wajib memenuhi persyaratan Proteksi Radiasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (2) huruf b melalui penerapan prinsip Proteksi Radiasi yang meliputi: **(dituangkan dalam program Proteksi)**

- a. justifikasi;
- b. limitasi dosis; dan
- c. penerapan optimisasi proteksi dan Keselamatan Radiasi.

Pemegang Izin dalam memastikan agar Nilai Batas Dosis tidak terlampaui wajib melakukan:

- (a.) pembagian daerah kerja;
- (b.) penyusunan prosedur Keselamatan Radiasi;
- (c.) penetapan pembatas dosis;
- (d.) pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja;
- (e.) pemantauan dosis perorangan; dan
- (f.) pertimbangan khusus Pekerja Radiasi wanita hamil atau diperkirakan hamil.

## B. 1. Persyaratan manajemen

a. Kompetensi personil yang dapat bekerja dalam penggunaan iradiator, meliputi:

*Tenaga Ahli (Qualified Expert)* dengan tanggung jawab sbb:

- ✓ Mengetahui, memahami, dan melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi
- ✓ meninjau ulang program Proteksi dan Keselamatan Radiasi
- ✓ menyetujui jenis dan bahan dosimeter, aplikasi dan metode pengukuran dosis yang diajukan oleh Petugas Dosimetri; dan
- ✓ memberikan pertimbangan kepada pemegang izin berdasarkan aspek keselamatan radiasi, praktik rekayasa yang teruji, dan kajian keselamatan secara komprehensif untuk peningkatan layanan jasa iradiasi

Tenaga Ahli (*Qualified Expert*) tersebut dapat menjadi personil yang bekerja tetap atau paruh waktu dan dapat merangkap sebagai Petugas Proteksi Radiasi (PPR).

## B. 1. Persyaratan manajemen

- b. Tanggung jawab [Petugas Proteksi Radiasi](#) sbb: (15 item)
1. mengetahui, memahami, dan melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi;
  2. membuat program Proteksi dan Keselamatan Radiasi;
  3. memantau aspek operasional program Proteksi dan Keselamatan Radiasi;
  4. menjamin bahwa perlengkapan Proteksi Radiasi tersedia dan berfungsi dengan baik;
  5. memantau pemakaian perlengkapan Proteksi Radiasi;
  6. meninjau secara sistematis dan periodik, program pemantauan di semua tempat di mana zat radioaktif digunakan, disimpan, atau diangkut;
  7. memberikan konsultasi yang terkait dengan Proteksi dan Keselamatan Radiasi;
  8. berpartisipasi dalam mendesain fasilitas penyimpanan zat radioaktif;
  9. mengambil sampel uji kebocoran zat radioaktif;
  10. memelihara rekaman

## B. 1. Persyaratan manajemen

Lanjutan . . .

11. mengidentifikasi kebutuhan dan mengorganisasi kegiatan pelatihan;
12. melaksanakan latihan penanggulangan dan pencarian keterangan dalam hal kedaruratan;
13. melaporkan kepada Pemegang Izin setiap kejadian kegagalan operasi yang berpotensi Kecelakaan Radiasi;
14. melaksanakan penanggulangan keadaan darurat;
15. menyiapkan laporan tertulis mengenai pelaksanaan program Proteksi dan Keselamatan Radiasi, dan verifikasi keselamatan yang diketahui oleh Pemegang Izin untuk dilaporkan kepada Kepala BAPETEN; dan melakukan inventarisasi Pembangkit Radiasi Pengion.

## B. 1. Persyaratan manajemen

### c. Tanggung jawab Operator sbb:

1. mengetahui, memahami, dan melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi;
2. mengetahui dan memahami seluruh sistem Iradiator yang dioperasikan;
3. menggunakan perlengkapan Proteksi Radiasi sesuai prosedur;
4. melaporkan setiap kejadian kecelakaan kepada Petugas Proteksi Radiasi;
5. melaporkan setiap gangguan kesehatan yang dirasakan, yang diduga akibat bekerja dengan radiasi kepada Pemegang Izin melalui Petugas Proteksi Radiasi;
6. mengoperasikan Iradiator dengan aman sesuai dengan prosedur;
7. mengamati fungsi semua peralatan selama operasi berjalan;
8. mencatat semua kegiatan yang berhubungan dengan penggunaan Iradiator, termasuk bahan yang diiradiasi dan besar dosis yang digunakan; dan
9. mencatat dan melaporkan kepada Petugas Proteksi Radiasi mengenai semua kelainan yang terjadi selama operasi berlangsung.

## B. 1. Persyaratan manajemen

### d. Tanggung jawab [Petugas Dosimetri](#) sbb:

1. mengetahui, memahami, dan melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi;
2. menggunakan perlengkapan Proteksi Radiasi sesuai prosedur;
3. melaporkan setiap kejadian Kecelakaan Radiasi kepada Petugas Proteksi;
4. melaporkan setiap gangguan kesehatan yang dirasakan, yang diduga akibat bekerja dengan radiasi kepada Pemegang Izin melalui Petugas Proteksi Radiasi;
5. menentukan jenis dosimetri dan metode pengukuran yang benar untuk memperoleh hasil yang maksimal;
6. menentukan dosis yang bisa dipakai untuk meradiasi bahan sesuai dengan persyaratan yang diinginkan;
7. mengukur distribusi dosis pada bahan yang diiradiasi

## B. 1. Persyaratan manajemen

### e. Tanggung jawab Petugas Perawatan sbb:

1. mengetahui, memahami, dan melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi;
2. melakukan pemantauan fungsi dan perawatan berkala pada Iradiator;
3. menggunakan perlengkapan Proteksi Radiasi ketika melakukan perawatan pada Iradiator;
4. melakukan perawatan pada Iradiator sesuai prosedur yang diberikan oleh pabrik dan prosedur kerja dari Pemegang Izin;
5. menjamin bahwa Iradiator berfungsi dengan baik dan memenuhi prinsip Proteksi dan Keselamatan Radiasi; dan
6. membuat laporan hasil perawatan, analisis kerusakan, dan tindakan perbaikan pada Iradiator, kemudian diserahkan kepada Pemegang Izin melalui Petugas Proteksi Radiasi.

## B. 2. Persyaratan proteksi radiasi

Dalam tahapan instalasi desain, komisioning, operasi, pemeliharaan, dan dekomisioning suatu fasilitas iradiasi tujuan keselamatan radiasi harus selalu dipertimbangkan:

1. Selama pengoperasian normal, perawatan dan dekomisioning, serta dalam keadaan darurat situasi proteksi radiasi harus dioptimalkan memastikan bahwa paparan radiasi terhadap pekerja dan publik diupayakan serendah mungkin yang dapat dilakukan, dengan memperhitungkan faktor ekonomi dan sosial (prinsip *As Low As Reasonably Practicable*).
2. Hal ini diperlukan untuk memastikan bahwa selama operasi normal, pemeliharaan dan dekomisioning serta dalam situasi darurat paparan radiasi terhadap pekerja dan publik diupayakan di bawah batas dosis yang telah ditetapkan oleh badan pengawas seperti yang diberikan dalam ketentuan keselamatan kerja dengan radiasi pengion.
3. Harus dipastikan bahwa probabilitas peristiwa yang menimbulkan paparan yang signifikan (cukup besar) serta besarnya paparan tersebut diupayakan serendah mungkin yang dapat dicapai dengan memperhitungkan faktor ekonomi dan sosial.

## B. 2. Persyaratan proteksi radiasi

Falsafah Keselamatan desain fasilitas iradiasi tergantung pada tujuan operasi yang direncanakan.

*Prinsip-prinsip desain dasar* sbb:

Penerapan konsep pertahanan berlapis untuk semua tingkat pengamanan kegiatan (desain organisasi, terkait dengan perilaku) untuk memastikan bahwa pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup dijamin terlindungi

**1. Tingkat pertahanan pertama** untuk mencegah penyimpangan dari operasi normal harus dicapai dengan menggunakan perancangan/disain, pembangunan dan pengoperasian fasilitas, dengan penuh kehati-hatian sesuai dengan program jaminan kualitas yang telah disusun.

**2. Tingkat pertahanan kedua** adalah untuk mendeteksi dan merespon apabila terjadi penyimpangan dari kondisi operasi normal untuk mencegah kejadian dari operasional yang terantisipasi meningkat menjadi kondisi kecelakaan.

**3. Tingkat pertahanan ketiga** bertujuan untuk mengurangi konsekuensi dari kecelakaan yang terjadi melalui upaya mencapai kondisi stabil. Fasilitas iradiasi hanya boleh dioperasikan jika semua tingkat pertahanan tersebut tersedia dan berfungsi.

## B. 2. Persyaratan proteksi radiasi

### ➤ **Redundansi**

Redundansi adalah penggunaan sistem atau peralatan dengan jumlah lebih dari minimum alat/sistem yang dibutuhkan untuk mencapai fungsi keselamatan yang diperlukan. Hal ini memungkinkan kegagalan salah satu komponen akan ditoleransi tanpa pengurangan atau kehilangan fungsinya.

### ➤ **Keragaman (diversity)**

Keandalan beberapa sistem dapat ditingkatkan dengan menggunakan prinsip keberagaman. Hal ini diterapkan pada sistem atau komponen redundan yang melakukan fungsi keselamatan yang sama dengan menggabungkan atribut yang berbeda (seperti prinsip operasi yang berbeda, operasi yang berbeda kondisi) ke dalam sistem atau komponen

### ➤ **Independensi**

Independensi dicapai dalam desain sistem yang menerapkan isolasi fungsional dan pemisahan fisik. Keandalan sistem dapat ditingkatkan dengan menggunakan komponen atau sistem independen sehingga kegagalan dapat dihindari. Penggunaan konsep ini meningkatkan keandalan sistem dan mempertahankan sistem keselamatan

## B. 2. Persyaratan proteksi radiasi

### ➤ **Sistem elektronik yang terprogram**

Sistem elektronik yang terprogram digunakan dalam aplikasi kendali keselamatan yang mempunyai potensi masalah yang berkaitan dengan integritas perangkat keras dan validasi perangkat lunak yang dapat mengarah ke kesalahan sistem. Setiap perubahan terhadap perangkat lunak hanya dapat dilakukan oleh pihak yang memiliki otoritas dan kompeten.

### **Analisis keselamatan**

Sebuah metode penilaian keselamatan formal, misalnya teknik analisis bahaya probabilistik, analisis keselamatan harus digunakan. Setiap komponen dalam sistem harus dipertimbangkan. Semua jenis potensi kegagalan dan konsekuensinya secara keseluruhan harus diperhitungkan dengan mempertimbangkan keandalan prosedur operasi keselamatan.

Pemilik izin harus menunjukkan bagaimana desain irradiator dan operasional yang terkait prosedur akan memberikan kontribusi pada pencegahan dari kecelakaan kepada pihak yang berwenang. Informasi ini harus diberikan dalam bentuk analisis keselamatan yang didokumentasikan sebagai bagian dari dokumen perizinan dan diserahkan kepada pihak yang berwenang

## B. 3. Persyaratan teknis

- **Pedoman desain fasilitas iradiasi agar memenuhi persyaratan teknis** yang diperlukan, oleh karena itu maka, laju dosis atau dosis karena parameter disain direncanakan harus sesuai dengan tujuan pemanfaatan dari fasilitas tersebut.
- **Tingkat radiasi yang diizinkan bagi karyawan, pelanggan atau masyarakat diluar perisai biologis** selama operasi fasilitas harus didasarkan pada prinsip ALARA dengan memperhitungkan setiap kendala dosis tambahan yang mungkin ditentukan untuk tujuan itu oleh pihak yang berwenang.
- **Pengalaman operasi dan pemeliharaan fasilitas yang sama** harus dikumpulkan dan digunakan dalam menentukan tingkat eksposur/paparan yang dapat dicapai dalam praktek. Pengalaman dari berbagai negara telah menunjukkan bahwa fasilitas iradiasi dapat dirancang dan dioperasikan sedemikian rupa, bahwa para pekerja yang terkena radiasi atau tingkat radiasi secara signifikan kurang dari 5 mSv per tahun.
- **Parameter desain dasar dan fitur keselamatan** terkait tentang bagian utama fasilitas iradiasi (sumber radiasi, perisai biologi, sistem mentransfer produk, sistem kontrol dan keselamatan, dan sistem tambahan) dibahas secara singkat sbb.:

## Persyaratan Khusus Keselamatan Fasilitas MBE

Tujuan produsen iradiator untuk industri adalah kesederhanaan desain sumber berkas elektron dan kehandalan operasi. Sehubungan dengan potensi kecelakaan radiasi, perawatan harus dilakukan karena kemungkinan terbentuknya sinar-X.

Fitur yang perlu dipertimbangkan dalam proses desain MBE:

- a. Sarana positif untuk menghentikan sistem percepatan utama;
- b. *Built-in* (terpasang dalam sistem) pemantauan parameter mesin;
- c. *Built-in* sistem remote mesin diagnostik;

Karena perbedaan sifat radiasi elektron dan radiasi sinar-X yang dihasilkan, maka pertimbangan perhitungan perisai hanya diberikan untuk mengurangi intensitas sinar X yang terbentuk.

Perhitungan ini harus dilakukan untuk energi elektron maksimum dan perhitungan terbentuknya gas. Untuk meminimalkan produksi sinar X, maka digunakan bahan dengan jumlah atom yang serendah mungkin sebagai bahan perisai.

Iradiator berpelindung diri dan mesin yang beroperasi untuk tujuan khusus pada energi yang lebih tinggi, biasa menggunakan beton sebagai bahan perisai.

# Persyaratan Khusus Keselamatan Fasilitas MBE

## Bangunan Iradiator sebagaimana dimaksud harus:

1. memiliki perisai pada dinding ruangan yang berhubungan dengan anggota masyarakat sehingga Dosis Efektif yang diterima anggota masyarakat tidak melampaui 0,3 mSv/tahun (nol koma tiga milisievert per tahun)
2. memiliki perisai pada dinding ruangan yang berhubungan dengan daerah kerja sehingga Dosis Efektif yang diterima oleh pekerja radiasi tidak melampaui 20 mSv/tahun
3. mempertimbangkan produksi neutron dalam merancang perisai radiasi untuk Pembangkit Radiasi Peningkatan Energi di atas 10 MeV
4. memiliki sistem keselamatan yang tidak berubah secara signifikan karena terjadi keadaan darurat;
5. dirancang berdasarkan laju paparan radiasi maksimum (asumsi konservatif);
6. dirancang dengan memperhitungkan hasil penyelidikan tanah, perhitungan beban konstruksi, beban gempa, dan bebas banjir; dan didesain berdasarkan tingkat gempa sebesar 0,5 g (lima per sepuluh gravitasi).

## B. 4. Verifikasi Keselamatan

Verifikasi keselamatan terhadap Iradiator, dilakukan dengan cara:

- a. pengujian terhadap parameter keselamatan;
- b. program perawatan;

Pengujian terhadap parameter keselamatan dilakukan secara periodik :

- a. uji mingguan;
- b. uji bulanan;
- c. uji enam bulanan.

**Uji mingguan** dilakukan terhadap setiap peralatan secara tersendiri, meliputi:

- a. pemeriksaan indikator Sistem *Interlock* pada panel kendali;
- b. pemeriksaan tombol kedaruratan (*emergency*) pada panel kendali;
- c. pemeriksaan tombol stop operasi pada ruang iradiasi dan ruang akselerator;
- d. pemeriksaan Sistem *Interlock* pintu ruang iradiasi dan ruang akselerator

## B. 4. Verifikasi Keselamatan

**Uji bulanan** meliputi:

- a. pemeriksaan alat monitor (*monitor area*) ruang iradiasi;
- b. pengujian sistem ventilasi (*exhausted blower*) ruang iradiasi;
- c. pengujian sistem transportasi (*conveyor*) bahan/sampel radiasi;
- d. pengujian Sistem *Interlock*

**Uji enam bulanan** meliputi:

- a. pengujian energi elektron;
- b. pengujian titik berkas (*beam spot*); dan
- c. pemeriksaan instalasi/kabel terkait dengan tegangan tinggi

## B. 4. Verifikasi Keselamatan

### Perencanaan Kedaruratan

- ✓ **Organisasi pengoperasi bertanggung jawab** untuk mempersiapkan prosedur kedaruratan yang memadai secara tertulis (untuk setiap jenis darurat diramalkan) setelah dilakukan penilaian potensi bahayanya.
- ✓ **Dalam kasus kecelakaan, organisasi pengoperasi harus memulai prosedur kedaruratan** dan harus menginformasikan tentang perlindungan terhadap radiasi kepada otoritas yang kompeten.
- ✓ **Setiap insiden harus dilaporkan kepada pejabat yang berwenang** dengan jadwal waktu seperti yang telah ditentukan dalam perizinan dan tergantung pada keparahan kejadian.
- ✓ **Kesimpulan harus diambil untuk meningkatkan keselamatan** dan pembelajaran dengan perhatian khusus pada kecelakaan radiasi sebelumnya yang pernah terjadi.

# Quiz

1. Persyaratan keselamatan radiasi dalam pengoperasian iradiator meliputi yang disebut dibawah ini kecuali

- a. persyaratan manajemen
- b. persyaratan proteksi radiasi
- c. persyaratan keselamatan kerja
- d. persyaratan Teknik

2. Keselamatan terhadap bahaya radiasi pada pengoperasian iradiator adalah tanggung jawab:

- a. Operator iradiator
- b. Petugas proteksi radiasi
- c. Instansi atau pengusaha instalasi iradiator
- d. Badan Pengawas Tenaga Nuklir



**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL



**HAKTEKNAS  
2024**  
Riset dan Inovasi untuk  
Indonesia Maju



**NUSANTARA  
BARU  
INDONESIA  
MAJU**



# Terima Kasih

*Atas Perhatian Anda*



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



[www.brin.go.id](http://www.brin.go.id)



Brin Indonesia



@brin\_indonesia



@brin.indonesia



**Bridging Sciences**  
**Empowering Talents**

@dpk brin