

# **PENGOPERASIAN IRADIATOR GAMMA**

**S u p a n d i, ST**

**PELATIHAN PETUGAS IRADIATOR**

**Tanggal : 3 Maret - 7 April 2017**

**Pusdiklat-BATAN**

**JAKARTA 2017**

**A. TUJUAN INSTRUKSIONAL UMUM:**

Peserta dapat menjelaskan secara umum instalasi irradiator dan pengoperasiannya

**B. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS :**

1. Peserta dapat menjelaskan secara singkat system peralatan dan mekanisme pengoperasian irradiator
2. Peserta dapat menyebutkan dan menjelaskan secara singkat parameter pengoperasian irradiator
3. Peserta dapat menjelaskan secara singkat dan melaksanakan tahapan pengoperasian irradiator secara benar sesuai dengan prosedur kerja, instruksi kerja, dan aturan keselamatan yang berlaku

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
BAB PENDAHULUAN .....	4
BAB I. PENGOPERASIAN IRADIATOR .....	4
A. Sumber Radiasi Cobalt-60 .....	5
B. Sistem peralatan iradiator .....	7
C. Mekanisme pengoperasian iradiator .....	12
D Parameter Pengoperasian Iradiator .....	15
BAB II. SCENARIO PEMINDAHAN SUMBER CO-60 .....	17
RANGKUMAN .....	18
DAFTAR PUSTAKA .....	19

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Irradiator adalah perangkat peralatan atau fasilitas yang berisi sumber radiasi tertutup dan digunakan untuk iradiasi terhadap produk secara aman. Irradiator dibedakan dalam 4 kategori, yaitu :

Irradiator kategori I : self-contained, dry storage irradiator

Irradiator kategori II : Panoramic, dry storage irradiator

Irradiator kategori III : self-contained, wet storage irradiator

Irradiator kategori IV : Panoramic, wet storage irradiator

Irradiator dari masing-masing kategori memiliki perbedaan pada konstruksi, komponen, aplikasi, dan dalam kegiatan pengoperasiannya memiliki tingkat resiko yang berbeda. Keberhasilan pengoperasian irradiator dipengaruhi oleh 3 faktor penting yaitu: personel, peralatan, dan prosedur. Personel dengan kualifikasi sebagai petugas irradiator antara lain dibekali dengan pengetahuan khusus yang bersifat praktis sehingga mampu melakukan kegiatan pengoperasian irradiator secara benar. Irradiator dengan seluruh fasilitas pendukungnya memiliki kapasitas, unjuk kerja, dan desain yang sesuai dengan aspek keselamatan, keamanan, dan kemampuan untuk dioperasikan secara terus menerus. Prosedur kerja dan instruksi kerja yang sesuai harus tersedia untuk digunakan sebagai panduan bagi petugas irradiator dalam melaksanakan tahap-tahap kegiatan pengoperasian. Terpenuhinya persyaratan dari tiga faktor tersebut akan lebih menjamin beroperasinya irradiator secara berdaya guna, sesuai dengan aspek keselamatan dan keamanan, serta mematuhi aturan yang ditetapkan oleh regulasi.

## **BAB II**

### **PENGOPERASIAN IRADIATOR**

Irradiator merupakan fasilitas yang menggunakan zat radioaktif (Co-60) sebagai komponen utama (sumber radiasi), sehingga dalam pemanfaatan dan pengoperasiannya diatur dan diawasi oleh badan yang dibentuk khusus untuk mengawasi tenaga nuklir, dalam hal ini BAPETEN. Kesalahan dalam penanganan zat radioaktif dapat berdampak besar terhadap masyarakat luas dan dalam penanggulangannya akan menjadi sangat rumit sehingga memerlukan SDM maupun anggaran yang sangat besar. Sehubungan dengan potensi bahaya yang dapat ditimbulkan, maka kegiatan pengoperasian irradiator secara teknis harus memenuhi aspek keselamatan dan keamanan untuk mewujudkan *zero accident*. Petugas irradiator untuk melaksanakan tugas kegiatan pengoperasian irradiator memerlukan pengetahuan teknis terkait, antara lain :

1. Sumber radiasi irradiator (pensil Co-60)
2. Peralatan pendukung yang terkait irradiator.
3. Mekanisme pengoperasian irradiator
4. Parameter pengoperasian irradiator
5. Keselamatan dan keamanan pengoperasian

#### **A. Sumber radiasi irradiator (pensil Co-60)**

Sumber radiasi irradiator berupa pelet zat radioaktif Co-60 disusun dan dimasukkan ke dalam dua lapis selongsong berbentuk pensil berbahan logam tahan karat (stainless steel) untuk mencegah kebocoran. Ukuran pensil (panjang dan diameter) adalah tertentu sesuai dengan tipe pensil Co-60 dari pabrik pembuatnya. Untuk irradiator kategori satu biasanya menggunakan tipe pensil yang ukurannya lebih pendek dari pada tipe pensil yang digunakan untuk irradiator kategori lainnya. Pensil Co-60 tipe C-188 berukuran panjang 451,5 mm dan diameter luar 11,1 mm. Pensil-pensil zat radioaktif Co-60, kemudian disusun terkonfigurasi ke dalam rak-rak (*source rack*) yang disesuaikan dengan desain *source rack* dan jumlah pensil yang akan ditempatkan. Di dalam ruang iradiasi pengaturan penempatan produk terhadap *source rack* pensil CO-60

dapat berupa *product overlap* dengan tujuan untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang tinggi.

Sumber radioaktif pada saat pemaparan radiasi harus selalu pada posisi ketinggian yang tetap. Perubahan posisi akan berakibat berubahnya peta laju dosis di ruang iradiasi yang berarti dosis yang diterima oleh produk akan menyimpang dari perhitungan dosimetri yang telah dilakukan sebelumnya.



Pensil dan rak sumber radiasi Co-60 pada irradiator kategori II dan IV



Pensil dan rak sumber radiasi Co-60 pada irradiator kategori III

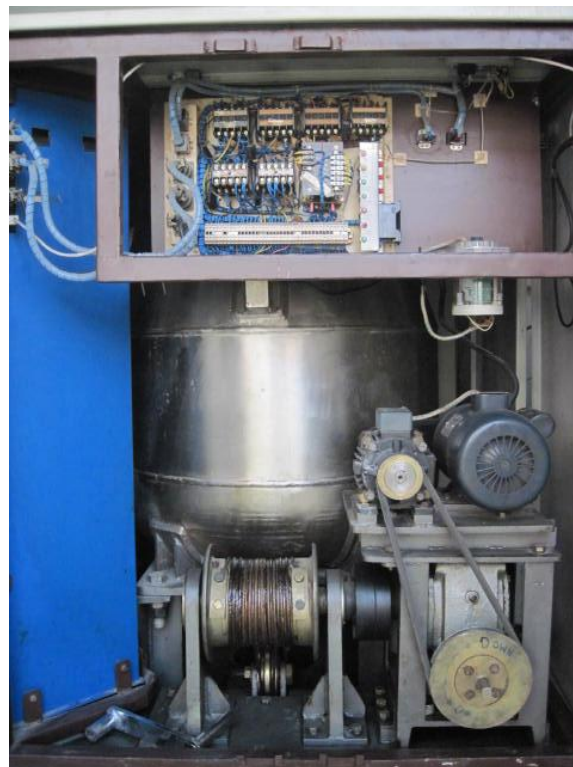
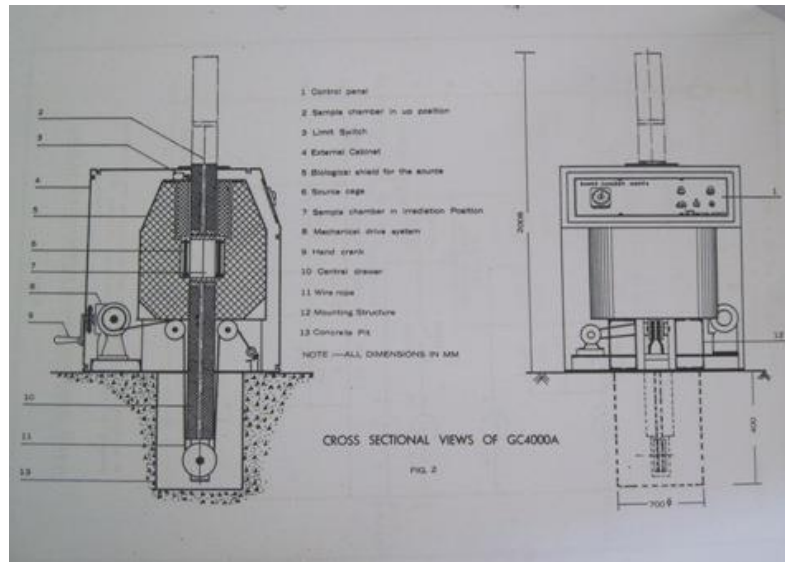
## B. System peralatan irradiator

Sistem peralatan yang terpasang pada suatu irradiator pada dasarnya terdiri dari penyimpanan sumber Co-60, penahan radiasi, ruang iradiasi, peralatan pengendali, peralatan proteksi radiasi, pembawa produk, loading-unloading pensil Co-60, peralatan keamanan sumber radiasi. Jenis, kualitas, kapasitas dan kelengkapan komponen yang digunakan dapat berbeda beda tergantung desain, dan kategori irradiator, dan teknologi yang digunakan pabrik pembuatnya

### **Irradiator kategori I (*portable self shielding*)**

Sistem peralatan pada Irradiator kategori I merupakan irradiator yang paling sederhana dan paling aman dari resiko kecelakaan paparan radiasi. Sumber radiasi berbentuk pensil tersusun menyerupai bentuk silinder vertical, terpasang secara permanen (tetap) di dalam container Pb yang berukuran tertentu dan ditempatkan dalam cabinet yang dilengkapi dengan sistem

penggerak elektrik dan pengendali. Transportasi sampel menggunakan system *drawer* yang ditempatkan pada titik sumbu kontener. *Drawer* berbentuk silinder stainless steel, terbagi dalam 3 bagian yaitu bagian atas dan bawah berisi Pb berfungsi sebagai penahan paparan radiasi dan di bagian tengah berfungsi sebagai ruang sampel.



Gambar: Iradiator kategori I



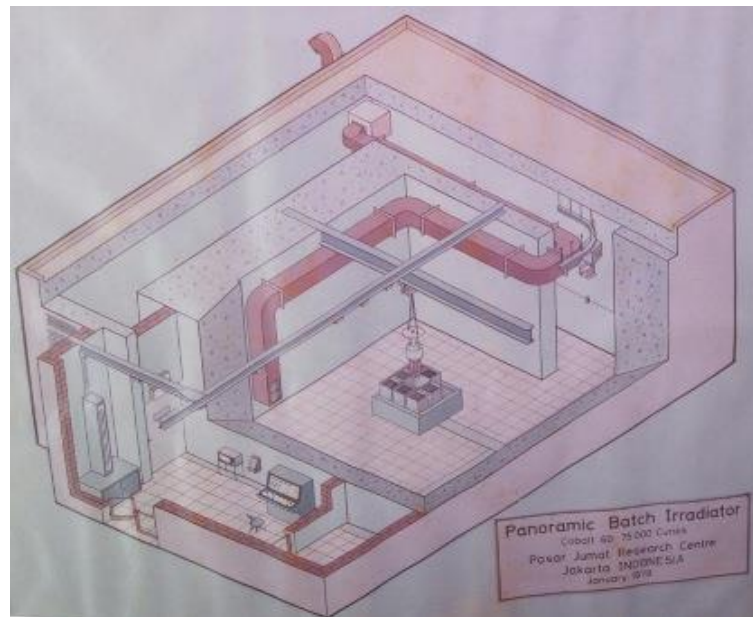
Gerakan untuk menaikkan maupun menurunkan *drawer*, digunakan sepasang sling baja pada bagian bawah *drawer* dan menggerakkan *drawer* dengan cara sling digulung pada drum yang diputar oleh motor melalui V-belt transmisi.

Pada saat iradiasi yaitu *drawer* pada posisi dibawah sehingga ruang sampel tepat berada di titik tengah susunan pensil Co-60, dan pengaturan (*setting*) lamanya waktu iradiasi diatur menggunakan timer yang diperhitungkan sesuai kebutuhan dosis.

### **Irradiator kategori II (*Panoramic, dray storage irradiator*)**

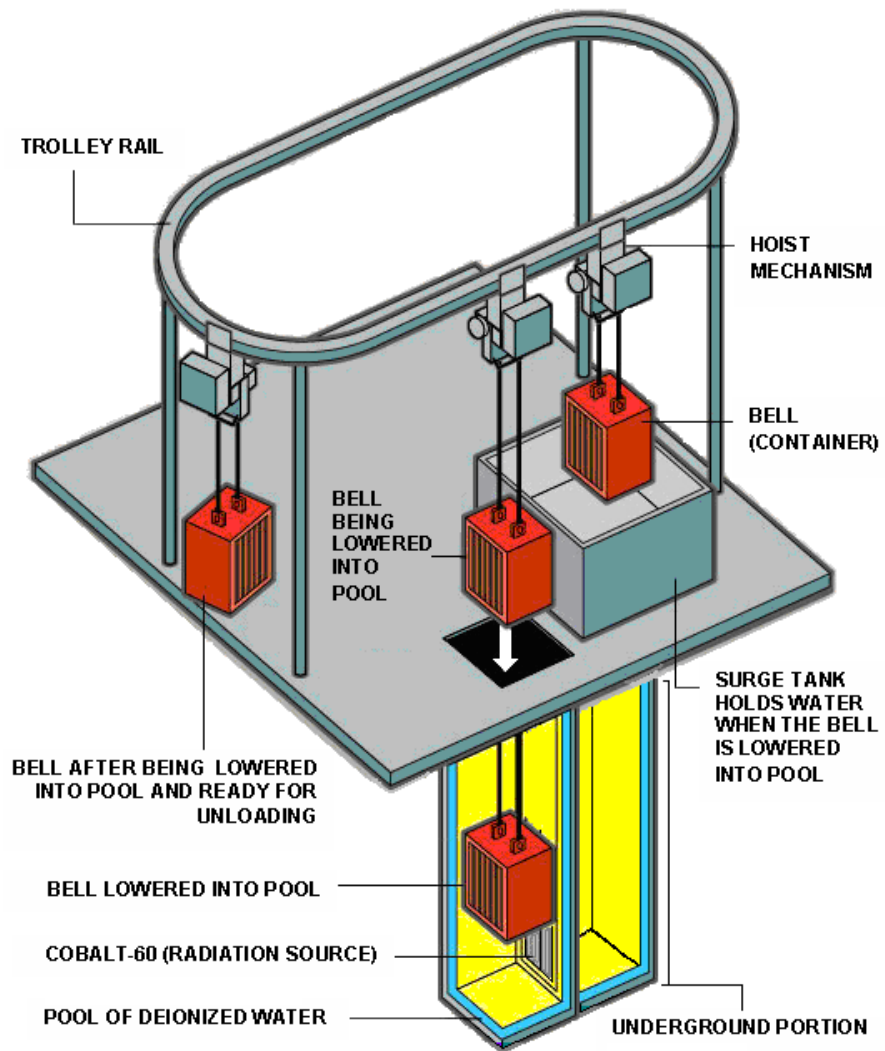
Sistem peralatan pada Irradiator kategori II merupakan irradiator yang lebih rumit dari kategori I, ada akses personel ke dalam ruang iradiasi sehingga dilengkapi dengan beberapa peralatan keselamatan supaya tidak pernah terjadi resiko kecelakaan paparan radiasi. Sumber radiasi berbentuk pensil tersusun dalam rak menyerupai bentuk silinder vertical. Rak pensil Co-60 tersimpan dalam container Pb dapat digerakan naik (keluar dari kontener) ke posisi pemaparan dengan gerakan rak tetap pada garis pusat sumbu dengan cara dipandu menggunakan pipa stainless steel yang dipasang semi permanen pada sumbu contener. Gerakan untuk menaikkan maupun menurunkan rak pensil Co-60, *source rack* dengan posisi tergantung menggunakan sepasang sling baja dan digulung pada drum untuk diputar oleh motor melalui V-belt transmisi. Posisi pemaparan maupun posisi penyimpanan di dalam kontener di setting menggunakan limit switch. Transportasi sampel dapat dilakukan menggunakan system konveyor maupun dengan system batch. Pada irradiator ini diperlukan *emergency rope*





**Gambar : Iradiator kategori II**

### Iradiator kategori III

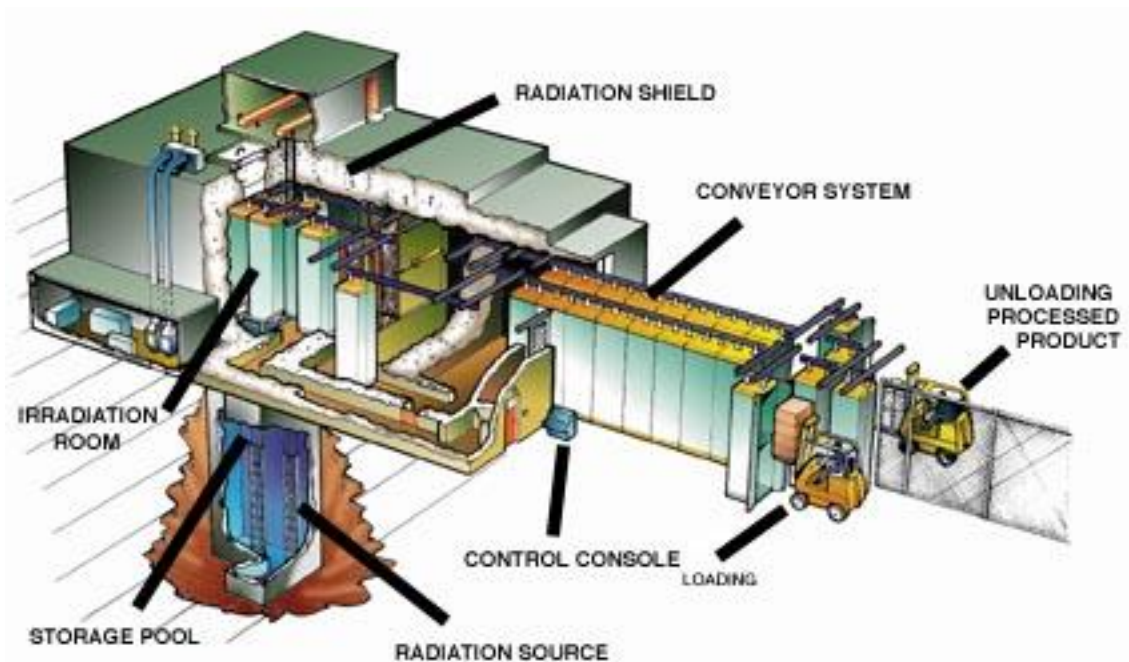


Gambar : *source rack and holder* iradiator kategori III

Irradiator kategori III (contoh: *type smart irradiator*) menggunakan teknologi *wet storage* dimana sumber radioaktif Co-60 disimpan di dalam kolam di kedalaman 7 meter dengan desain kapasitas sampai dengan 1.000.000 Curie Co-60. Irradiator kategori III sangat aman, karena Co-60 tidak pernah terangkat ke permukaan, sehingga tidak diperlukan concrete shielding dan system interlock untuk proteksi radiasi. Lahan yang dibutuhkan untuk irradiator dapat lebih kecil dan konstruksinya lebih efisien dibandingkan irradiator kategori IV. Pada irradiator ini tidak diperlukan *emergency rope*

### Irradiator kategori IV

Sistem peralatan pada Irradiator kategori IV merupakan irradiator yang lebih rumit dari pada kategori lainnya. Terdapat akses personel ke dalam ruang iradiasi sehingga harus dilengkapi dengan system keselamatan secara berlapis. Sumber radiasi berbentuk pensil tersusun dalam rak menyerupai bentuk *plate*. Rak pensil Co-60 disimpan kolam air demineral dan dapat digerakan naik ke posisi pemaparan dengan system meja lifter yang digerakkan menggunakan driving machine maupun system sling dengan drum yang digerakkan motor.



Gambar : Irradiator kategori IV

Posisi rak Co-60 ketika pemaparan di ruang iradiasi, posisi penyimpanan, maupun transisi, selalu dimonitor level/ketinggiannya. Area monitor merupakan peralatan keselamatan penting ditempatkan pada posisi yang tepat untuk memantau paparan radiasi secara terus menerus. Terdapat interaksi langsung antara posisi rak Co-60 dengan pengukuran area monitor yang terukur dan perlu di pantau dari ruang kendali pada saat pengoperasian.

Transportasi sampel pada umumnya menggunakan system konveyor dengan desain khusus dan dikendalikan dari luar (ruang kendali). Pada irradiator ini diperlukan *emergency rope*

### **C. Mekanisme pengoperasian irradiator**

Mekanisme pengoperasian irradiator secara umum terdiri dari rangkaian prinsip kerja komponen dan system peralatan yang terpasang, urutan kerja pengoperasian serta kaitannya dengan parameter operasi. Sesuai dengan persyaratan untuk mendapat ijin pengoperasian dari BAPETEN, urutan kerja pengoperasian harus dibuat secara sistematis dan menjadi bagian di dalam prosedur pengoperasian irradiator. *Instruction manual* irradiator digunakan sebagai referensi dalam pembuatan prosedur pengoperasian, dibuat sistematis dengan bahasa yang lebih sederhana supaya mudah dipahami dan dilaksanakan oleh petugas irradiator. Pada dasarnya pengoperasian irradiator terdiri dari :

- Persiapan pra-pengoperasian
- Persiapan pengoperasian
- Pengoperasian
- Selesai pengoperasian

2.3.1. Persiapan pra-pengoperasian mencakup :

- 2.3.1.1. Peralatan keselamatan kerja seperti : Survey meter, TLD badge (personal monitor radiasi)
- 2.3.1.2. Persiapan produk yang akan diiradiasi meliputi jenis produk, dosis yang diinginkan, kemasan dan jumlah produk yang akan diiradiasi, serta kesiapan personel dan peralatan untuk loading unloading produk.

- 2.3.1.3. Menentukan pengaturan (*setting*) waktu iradiasi yang diperlukan berdasarkan perhitungan antara aktivitas Co-60, dosis iradiasi, data laju dosis
  - 2.3.1.4. Menyiapkan lembar cek list pengoperasian yang berisi data pengoperasian sebelumnya dan lembar cek list untuk mencatat data pengoperasian yang akan dilakukan
  - 2.3.1.5. Memeriksa data pengoperasian sebelumnya dan memastikan bahwa irradiator pada pengoperasian sebelumnya dalam kondisi baik, jika terjadi penyimpangan harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu dan diverifikasi
- 2.3.2. Persiapan pengoperasian mencakup :
- 2.3.2.1. Menghidupkan panel suplay daya yang digunakan untuk semua komponen peralatan dan termasuk untuk panel kendali secara berurutan
  - 2.3.2.2. Memeriksa dan memastikan bahwa besaran parameter suplay daya dalam batas normal (tegangan 3 phase, tegangan satu phase, frekwensi, dan amper meter)
  - 2.3.2.3. Menghidupkan panel kendali dan system monitor radiasi, dengan menggunakan kunci akses untuk panel kendali. Kunci panel apabila tidak dalam kondisi pengoperasian harus disimpan di tempat yang memenuhi standar keamanan
  - 2.3.2.4. Memeriksa dan memastikan semua *indicator lamp* dan tampilan parameter pengoperasian dari setiap bagian sistem peralatan dapat berfungsi dengan baik
  - 2.3.2.5. Memeriksa semua indikator interlok dan reset supaya sistem dapat dioperasikan
  - 2.3.2.6. Menghidupkan sistem pengisian air kolam pada posisi otomatis (khusus untuk kategori III dan IV)
  - 2.3.2.7. Menghidupkan sistem ventilasi/blower untuk ruang iradiasi dan pastikan parameter operasi normal (khusus untuk kategori II,III. dan IV). System ventilasi terutama berfungsi untuk mengeluarkan Ozon dari ruang iradiasi dengan posisi pengeluaran udara pada ketinggian yang cukup aman.

2.3.2.8. Mengoperasikan sistem konveyor (tanpa produk iradiasi) dan pastikan semua indikator dan parameter operasi dalam batas normal. Iradiator kategori I tidak memerlukan konveyor

### 2.3.3. Pengoperasian iradiator

- Pengoperasian iradiator kategori II dan IV dilakukan dengan menaikkan sumber radiasi Co-60 dari posisi penyimpanan ke posisi pemaparan/iradiasi produk
- Pengoperasian iradiator kategori I dan III dilakukan dengan menurunkan produk ke posisi penyimpanan (pemaparan) sumber radiasi Co-60

2.3.3.1. Ketika sumber radiasi bergerak naik mendekati ke posisi pemaparan, dapat secara langsung diamati perubahan indikator dan besaran parameter pengoperasian yang perlu dicatat pada lembar kerja/ceklist pengoperasian, antara lain :

- Posisi /ketinggian sumber radiasi
- Paparan radiasi (penunjukan area monitor)
- Monitor Ozon

Untuk menaikkan sumber radiasi pada umumnya dapat dilakukan secara auto atau secara manual

2.3.3.2. Melakukan *setting* konveyor sesuai waktu iradiasi yang diperlukan untuk iradiasi produk (sesuai dosis yang diinginkan).

2.3.3.3. Melakukan proses loading unloading produk

2.3.3.4. Memeriksa dan mencatat semua parameter operasi secara berkala

### 2.3.4. Selesai pengoperasian

2.3.4.1. Mencatat semua parameter operasi secara lengkap

2.3.4.2. Memastikan semua produk telah selesai di iradiasi dan proses loading dan unloading telah selesai

2.3.4.3. Menurunkan sumber Co-60 ke posisi penyimpanan, pada kondisi normal dilakukan secara auto

2.3.4.4. Catat semua parameter operasi setelah sumber Co-60 pada posisi penyimpanan

#### **D. Parameter Pengoperasian Irradiator**

Parameter pengoperasian irradiator dalam hal ini adalah indikator dan besaran pengukuran dari unjuk kerja komponen dan system peralatan yang merupakan tampilan/respon dari tindakan atau tahapan pengoperasian yang dilakukan operator. Parameter ini secara langsung perlu dipantau oleh petugas irradiator dan dicatat dalam cek list maupun terekam secara langsung di komputer. Data parameter pengoperasian yang didokumentasikan secara berkala sepanjang usia pakai irradiator sangat diperlukan untuk melakukan analisis unjuk kerja irradiator sehingga jika terjadi penyimpangan dari kondisi normal secara dini dapat diketahui dan dicegah kemungkinan terjadinya kerusakan yang tidak diinginkan. Keragaman parameter pengoperasian berkembang sesuai kemajuan teknologi untuk mewujudkan desain yang semakin sempurna dari masing-masing kategori irradiator. Semakin canggih teknologi irradiator yang digunakan semakin berkurang akses langsung dari operator digantikan dengan mekanisme unjuk kerja irradiator yang direpson secara otomatis oleh sistem yang mempunyai kehandalan tinggi.

Parameter pengoperasian yang utama dari suatu irradiator antara lain :

- Posisi ketinggian sumber Co-60 (mm)
- Storing position
- Exposure position
- Down
- Up
- Overload detection
- Pool water level (dangerous, low, normal)
- Paparan radiasi (mrem)
- Akses ke ruang iradiasi (door & hatch)
- Tegangan suplay daya
- Transfer pump (services)
- Sistem ventilasi
- Timer
- Operation mode
- Emergency lifter



- Lifter half way stop
- Emergency switch
- emergency rope
- Conveyor fault
- Earth leakage
- Sistem konveyor

Fungsi kerja komponen peralatan maupun secara system perlu dilakukan pemeriksaan dan uji fungsi secara berkala sehingga tidak terjadi penyimpangan antara fungsi kerja dan tampilan parameter di panel kendali. Beberapa parameter yang terkait erat dengan keselamatan radiasi dilengkapi dengan audio visual alarm dan secara berkala perlu dilakukan uji fungsi

System konveyor merupakan bagian penting dari pengoperasian iradiator, oleh karena proses iradiasi terjadi pada saat awal produk dibawa *carrier* masuk ke dalam ruang iradiasi dan dengan mekanisme yang telah diatur sampai waktu keluar dari ruang iradiasi. Selain aktivitas sumber Co-60 dan densitas produk, parameter dari sistem konveyor juga berpengaruh terhadap dosis yang diterima produk. Parameter sistem konveyor tersebut adalah pengaturan posisi *carrier*, pola-gerak *carrier*, seting waktu iradiasi untuk tiap siklus, dan kecepatan konveyor.

Prosedur kerja dan instruksi kerja yang oleh BAPETEN dipersyaratkan, perlu ditingkatkan lebih lengkap dan lebih detail lagi supaya operator selalu memiliki acuan yang baik dalam melakukan semua kegiatan terkait pengoperasian iradiator

**BAB III**  
**SCENARIO PEMINDAHAN SUMBER C0-60**

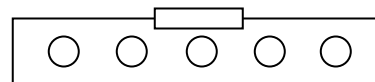
SOURCE RACK  
upper

9	10	11	12
16	15	14	13

		UB-2	UB-1	I-2	I-1
1	2	3	4		
8	7	6	5		
9	10	11	12		
16	15	14	13		

Source stocker  
lower

1	2	3	4
8	7	6	5



unit case

- E. Pindahkan unit case dari source rack ke source stocker secara berurutan sesuai gambar diatas

KETERANGAN :  
BOX

1 s/d 16 : nomor unit case  
(tiap unit case berisi 5 pensil)  
a, b, c, d, e : posisi pensil Co-60 pada unit case

A, B, C, D, E, F, G, H :

kode tempat pada transit box (kode tempat untuk melakukan pemindahan pensil C0-60)

TRANSIT

	A	B	
C	D		
E	F		
G	H		

**2-1** Reposisi unit case 2 dengan unit case 4

	2	4	
2a	2d		
2e			

- I. : **unit case 2 ke A**
- II. : **unit case 4 ke B**
- III. : 2a(A) ke C
- IV. : 4b(B) langsung ke 2a(A)
- V. : 2a(C) ke 4b(B)
- VI. : 2d(A) ke D
- VII. : 4e(B) langsung ke 2d(A)
- VIII. : 2d(D) ke 4e(B)
- IX. : 2e(A) ke E
- X. : 4d(B) langsung ke 2e(A)
- XI. : 2e(E) ke 4d(B)
- XII. : unit case 4(B) kembali ke source stocker

**unit case 4 berisi**    a: 4a            b: 2a            c: 4c            d: 2e            e: 2d

**RANGKUMAN**

1. *Emergency rope* diperlukan pada iradiator kategori : ?
2. Kapasitas maksimum iradiator kategori I, II, III, IV : ?
3. Pengoperasian iradiator III dan IV dengan aktivitas sumber relatif tetap, dosis iradiasi dipengaruhi oleh : ?
4. Pengoperasian iradiator I dan II dengan aktivitas sumber relatif tetap, dosis iradiasi dipengaruhi oleh : ?
5. Fungsi *Ceiling hatch* adalah : ?
6. Fungsi sistem interlok pada iradiator secara umum adalah: ?
7. Sistem blower ozon diperlukan pada iradiator kategori : ?
8. Sebutkan parameter operasi yang dilengkapi sistem interlok terkait keselamatan personel, keselamatan produk, keamanan sistem peralatan : ?
9. Iradiator sistem penyimpanan basah adalah kategori : ?
10. Iradiator dengan sumber radiasi pada posisi tetap ketika dioperasikan maupun tidak dioperasikan adalah iradiator kategori : ?
11. Parameter operasi yang berubah ketika sumber digerakkan ke posisi pemaparan adalah : ?
12. *Pool water level* yang terkait dengan sistem interlok adalah : ?

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Instruction Manual for Operation Gamma Chamber 5000, Board of Radiation & Isotope Technology Mumbai India,1996
2. Instruction Manual of Latex Irradiator, Kimura Chemical Plants Co.,LTD, Amagasaki Japan,1983
3. Instruction Manual of Operation Panoramic Batch Irradiator, Bhaba Atomic Research Centre Bombay India,1977