

KOMPONEN IRADIATOR

PELATIHAN
PETUGAS IRADIATOR GAMMA



PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
JAKARTA

A. TUJUAN INSTRUKSIONAL UMUM:

Peserta mampu mengetahui komponen utama dan komponen pendukung Iradiator Gamma

B. TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS :

Peserta memperoleh pengetahuan dasar tentang fungsi dan prinsip dasar desain dari masing-masing komponen Iradiator gamma dan dapat memahami keterkaitannya dengan aspek keselamatan iradiator.

DAFTAR ISI

I.	PENDAHULUAN	1
II	KOMPONEN-KOMPONEN IRADIATOR	2
1.	Sumber Radiasi dan Perangkat Penggerak Sumber	7
	Sumber terbungkus	
	Persyaratan khusus terhadap kondisi penyimpanan dalam kolam	10
	Sertifikasi dan dokumentasi	10
	Desain Internal Sumber	10
	- Pemegang dan rak sumber	10
	- Pengamanan Sumber	11
	- Sistem penempatan produk	
2.	Penahan Radiasi	12
	Sistem Interlock untuk akses ke Sumber	13
	Interlock untuk pintu akses personil	14
	Interlok untuk lubang keluar masuk produk	14
	Plug penahan radiasi untuk ruang radiasi	14
	Monitor radiasi fixed dengan alarm	14
	Interlock status sumber radiasi dan system paparan	15
	Pemonitoran produk	15
	Monitor system pengolahan air	15
3.	Ruang Radiasi	16
	Timer delay safety dengan alarm (Pengatur waktu tunda)	16
	Pintu darurat atau penahan radiasi	16
	Kolam penyimpanan sumber	16
4.	Control (Panel kendali Utama)	19
	Kunci akses	19
	Peralatan keadaan darurat	19
	Pemutusan mekanisme paparan sumber untuk perawatan	20
.5.	Konveyor	20
6.	Peralatan pengamanan dan keselamatan	24
	Lokasi Geologi	24
	Detektor seismic	24
	Gempa bumi	24
	Perlindungan terhadap bahaya kebakaran	24
	Kegagalan Catu Daya	25
	Listrik, Non listrik	25
	Ventilasi	25
	Simbol dan Tanda Bahaya	26
	Tanda bahaya peralatan iradiasi	26
	Indikator status sumber radiasi	26
	Alarm Audio	26
	Sistem pewarnaan indicator status sumber	
	Peralatan loading dan unloading sumber	27
	DAFTAR PUSTAKA	28

BAB I

PENDAHULUAN

Komponen-komponen utama dan peralatan pendukung fasilitas irradiator harus benar-benar dirancang sesuai persyaratan pedoman IAEA dan badan pengawas tenaga nuklir (Bapeten) dengan baik sehingga selama beroperasi fasilitas dalam kondisi normal, paparan radiasi yang diterima para pekerja dan masyarakat serta lingkungan rendah sekali. Walaupun demikian, paparan radiasi yang tinggi dapat terjadi sebagai akibat hilangnya kendali atau kerusakan sumber radiasi. Dalam kondisi ekstrim kecelakaan akibat paparan radiasi dapat menyebabkan luka yang serius atau bahkan dapat berakibat fatal mematikan dalam waktu yang singkat, kerusakan pada sumber dapat menyebabkan kontaminasi yang luas.

Pemanfaatan irradiator dalam skala industry untuk proses sterilisasi dalam skala industry sudah dimulai di Indonesia sejak tahun 1979 oleh PT. Giri Kencana dan pada tahun 1992 mulai dioperasikan irradiator dalam skala industry lainnya (Indogamma saat ini Rell-Ion). Penelitian, introduksi dan komersial untuk industry dalam berbagai tujuan iradiasi yang menggunakan irradiator gamma sudah dilakukan oleh PAIR BATAN baik dalam skala laboratorium maupun skala semipilot. Dalam menunjang penelitian, introduksi dan komersial untuk industry telah mengoperasikan 4 irradiator yaitu 2 irradiator Kategori I, dan satu irradiator Kategori II serta satu irradiator kategori IV.

Buku ini sebagai petunjuk pelatihan untuk materi komponen-komponen irradiator gamma. Dalam buku ini secara ringkas diuraikan tentang fungsi komponen-komponen utama dan peralatan pendukung irradiator dalam aspek keselamatan, sesuai dengan dokumen IAEA safety series 107 dan Bapeten serta memberikan beberapa contoh gambar desain konstruksi komponen hasil perkembangan pembangunan irradiator di Indonesia, khususnya di PAIR BATAN seperti diberikan pada tabel 1 pada halaman berikut ini.

IRADIATOR GAMMA DI INDONESIA

Tabel 1. Spesifikasi Iradiator Gamma yang ada di Indonesia

Nama Iradiator	Gammacell 220	IRPASENA	IRKA	Gamma Chamber-4000 A	Gamma Chamber 4000 A	Gamma Sterilization
Buatan/Tahun/Pemasangan	Canada/1968	India/1979	Jepang/1982	India/1992	India/1997	Canada/1990
Operator/Pemanfaatan	Batan/ Penelitian	Batan/ R&D niultiguna	Batan/ R&D Komersial niultiguna	Batan/ Research	RS. Jamil Padang/ Penelitian	PT. Rel-Ion/Komersial
Sistem penyimpanan Sumber Co-60/Kategori IAEA	Kering/Portabel/ I	Kering (Lorong utk. Akses sumber Ruang Iradiasi)/II	Kolam air (Lorong utk. Akses sumber Ruang Iradiasi)/IV	Kering/ portabel/ I	Kering/ portabel / I	Kolam air (Lorong utk. Akses sumber Ruang Iradiasi)/IV)
Aktivitas maksimum/ Desember 2013	* 10.000 Ci/ 20,2 Ci	80.000 Ci/ 17.421,548 Ci	400.000 Ci/ 101.900 kCi	* 10.000 Ci/ 749,800 Ci	* 10.000 Ci/	2 MCi/ ± 370 kCi
Jumlah Volume bahan yang diiradiasi per Batch	2 Liter bahan	0,5 m ³ bahan	1,15 m ³ / barang/1,2 Ton Latex	2 Liter bahan	2 Liter bahan	28 ton bahan/ batch

BAB II

KOMPONEN-KOMPONEN IRADIATOR

Komponen utama suatu fasilitas Iradiator gamma terdiri dari ; sumber radiasi dan perangkat penggerak sumber, perisai radiasi (Shielding), ruang iradiasi, peralatan koveyor, control, dan sistem pengamanan dan keselamatan radiasi dan peralatan pendukungnya. Pembangunan dan instalatir perlu menjamin bahwa tidak membahayakan pekerja radiasi dan lingkungan. Perancang instalasi membutuhkan petunjuk perihal dosis atau laju dosis. Hal ini harus berdasarkan prinsip ALARA, membuat cacatan pada setiam penambahan batas dosis yang diperbolehkan oleh instansi yang berwenang. .

Berdasarkan penjelasan dokumen IAEA Safety Series No. 107, Iradiator sebagai sumber radiasi pengion memiliki dua sumber radiasi yaitu sinar gamma dari sumber radioaktif (cobalt-60 dan Cs-137) dan berkas elektron dari

mesin berkas elektron (Akselerator) . Berdasarkan IAEA Fasilitas Iradiator gamma dibagi kedalam empat kategori, sedangkan fasilitas iradiator elektron (akselerator atau mesin berkas elektron dibagi menjadi dua kategori..

Keempat kategori iradiator gamma berdasarkan desain fasilitas dan sumber radiasi, dan kemudahan akses sumber serta penahan radiasi. adalah sebagai berikut :

Kategori I

Iradiator dengan sumber radiasi yang selalu tersimpan dalam suatu wadah dengan penahan radiasi dan tidak ada akses untuk manusia seperti terlihat pada Gambar 1 a.. Sumber radiasi gamma terletak di dalam perisai radiasi dalam posisi tetap. Sampel yang akan diradiasi dimasukkan dekat dengan sumber dan dikeluarkan dari posisinya tanpa mengganggu posisi sumber. Operator yang mengoperasikan alat ini tidak bersentuhan dengan radiasi.

Kategori II

Iradiator dengan akses manusia terkendali, dengan sumber radiasi tersimpan dalam suatu wadah berpenahan radiasi dan tersimpan dalam suatu tempat penyimpanan kering pada saat tidak digunakan. Sumber akan berada pada posisi penyinaran dalam suatu ruang tertentu dan tidak akan ada akses manusia pada saat penyinaran tersebut. Sistem akses menggunakan sistem kendali tertentu. Sistem panaromik merupakan sistem dengan bahan yang akan diradiasi bergerak mengelilingi sumber sehingga memungkinkan distribusi dosis radiasi secara merata. Gambar 1. B. menunjukkan salah satu jenis iradiator kategori ini.

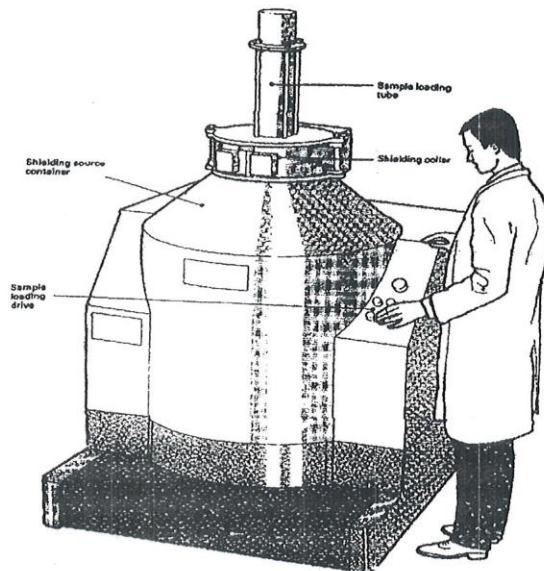
Kategori III

Iradiator dengan sumber radiasi dalam suatu wadah tersimpan pada suatu tempat penyimpanan kolam yang berisi air. Iradiator ini mempunyai sistem akses manusia yang dapat dikendalikan dan dioperasikan dalam suatu ruang dengan desain tertentu dan jenis pengoperasian yang sesuai. Bahan yang akan diradiasi digerakkan mendekati sumber dengan posisi sumber yang tetap pada tempat penyimpanan. Bahan yang diradiasi digerakkan dengan sistem katrol yang terkendali. Gambar 1. C. menunjukkan salah satu contoh dari iradiator kategori ini.

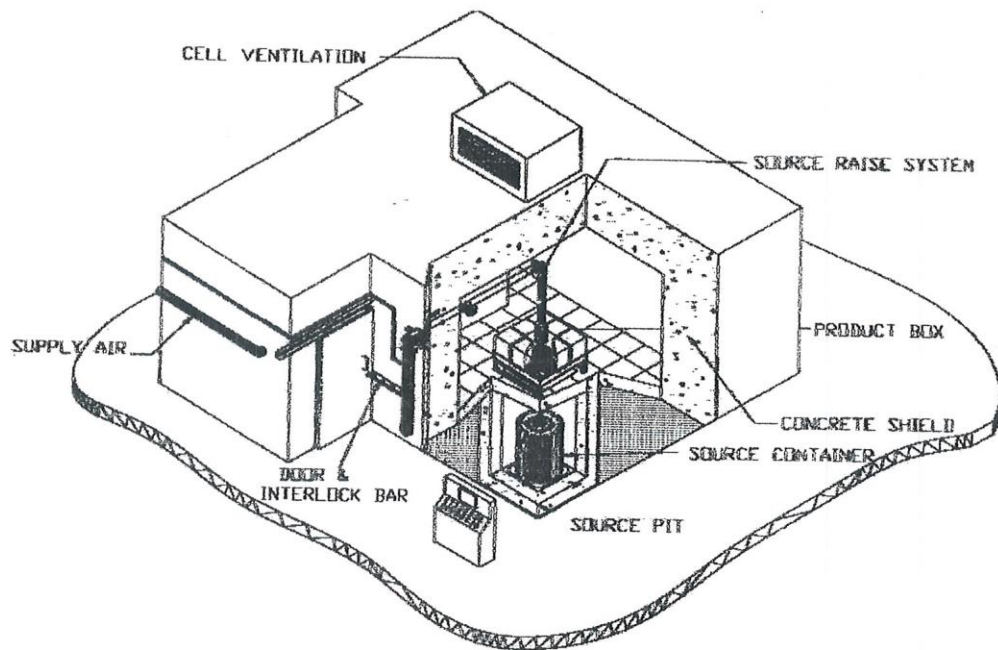
Kategori IV

Iradiator dengan sistem akses manusia yang terkendali dengan sumber radiasi dalam suatu wadah yang tersimpan dalam suatu tempat penyimpanan kolam yang berisi air. Bahan akan diradiasi dengan bergerak mengelilingi sumber yang dilengkapi dengan sistem konveyor. Pintu akses untuk bahan

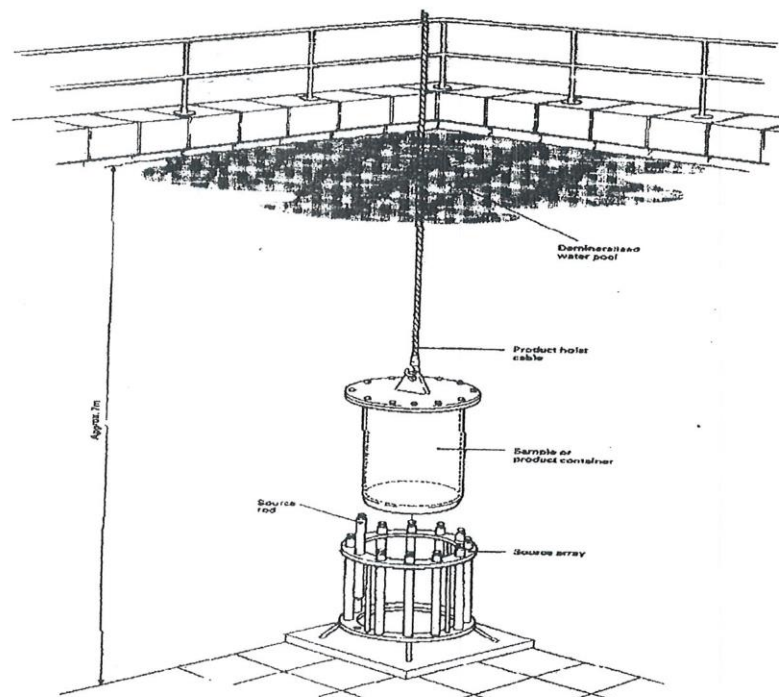
yang diiradiasi berbeda dengan pintu akses personil atau operator. Sumber dapat digerakkan dari posisi tersimpan dalam kolam penyimpanan ke posisi penyinaran dengan suatu sistem perangkat katrol. Sumber digerakkan oleh operator pada ruang khusus atau ruang kendali. Gambar 1. d. menunjukkan salah satu contoh jenis iradiator kategori ini.



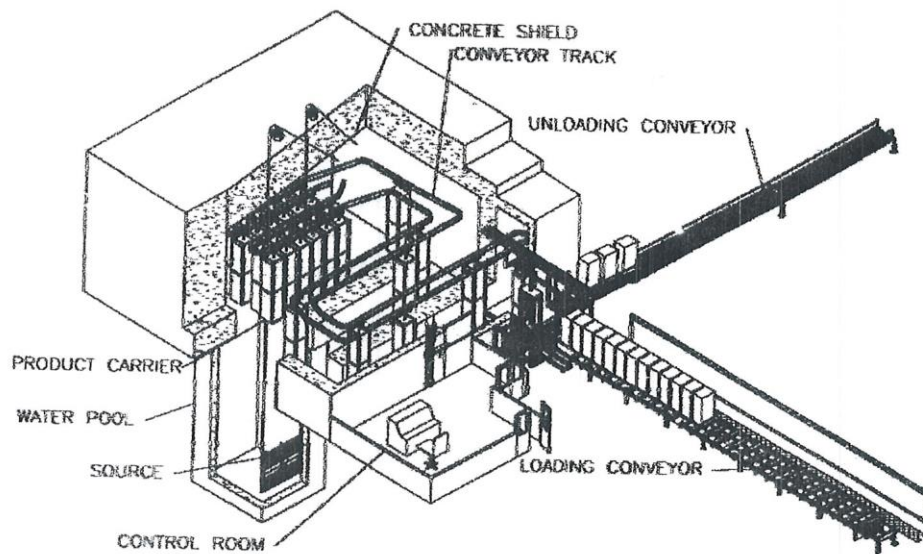
Gambar 1. a. Iradiator Kategori I, Gamma Cell 220 (PAIR-BATAN 1968)



Gambar 1. b. Irradiator Kategori II, Irpasena (PAIR BATAN 1979)



Gambar 1. C. Irradiator kategori III



Gambar 1. d. Iradiator Kategori IV (Mumbai, India)

Komponen-komponen iradiator bergantung pada kategorinya seperti ditunjukkan pada gambar 1.diatas. Komponen komponen yang diperlukan atau yang harus dipenuhi dalam desain Iradiator industry kategori II dan IV terdiri dari komponen utama dan peralatan pendukung Iradiator antara lain

A. Komponen utama

- Sumber radiasi dan perangkat penggerak sumber
- Penahan radiasi (beton dan air)
- Ruang iradiasi
- Kontrol
- Konveyor
- Sistem pengamanan dan keselamatan radiasi

B. Peralatan pendukung

- Detektor seismic untuk Gempa bumi (khusus Kategori II dan IV)
- Detektor Panas (Heat detector)
- Kegagalan catu daya listrik (listrik dan non-listrik)
- Crane (sesuai dengan kebutuhan)
- Ventilasi Ozon
- Simbol dan tanda bahaya radiasi
- Peralatan keadaan darurat
- Ruang Laboratorium
- Ruang produk sebelum iradiasi

- Ruang penyimpanan produk sesudah iradiasi
- Ruang kerja
- Peralatan pengisian dan pembongkaran sumber
- Peralatan tes kontaminasi sumber
- Dll.

1. SUMBER RADIASI dan PERANGKAT PENGGERAK SUMBER

Sumber radiasi

Sumber radioisotop Cobalt-60

Energy foton 1,25 MeV (avg), Half life-5.26 years, Specific activity- 200-400 Ci/gm (max), Power-15,4 W/kCi, Gamma output-1,30 R/h/Ci pada jarak 1 m.

Sumber radioisotop Cesium-137.

Energy foton 0,66 MeV, Half life-30 years, Specific activity-25 Ci/gm (max), Power-4,8 W/kCi, Gamma output-0,33 R/h/Ci pada jarak 1 m.

Persyaratan umum untuk sumber terbungkus terdapat dalam Standar ISO 2919 (perubahan dari ISO/TC 85/SC 2/WG 11N 31C). Persyaratan klasifikasi standar ISO adalah sebagai berikut :

Kategori I	: 43323
Kategori II	: 53424
Kategori III	: 53424
Kategori IV	: 53424

Nomer standard ISO ini menunjukkan sumber telah diuji sesuai dengan klasifikasi standard unjuk kerja sumber tertutup yang ditetapkan dalam ISO 2919-1980 yang meliputi temperature, tekanan, benturan, getaran, dan tumbukan, setiap sumber yang akan digunakan dalam iradiator harus memenuhi persyaratan tersebut bergantung pada kategorinya.

Jika aktivitas dari sumber melebihi batas yang ditentukan dalam Lampiran 1 dalam acuan, maka harus dibuat evaluasi khusus terhadap penggunaan sumber terbungkus dan desainnya.

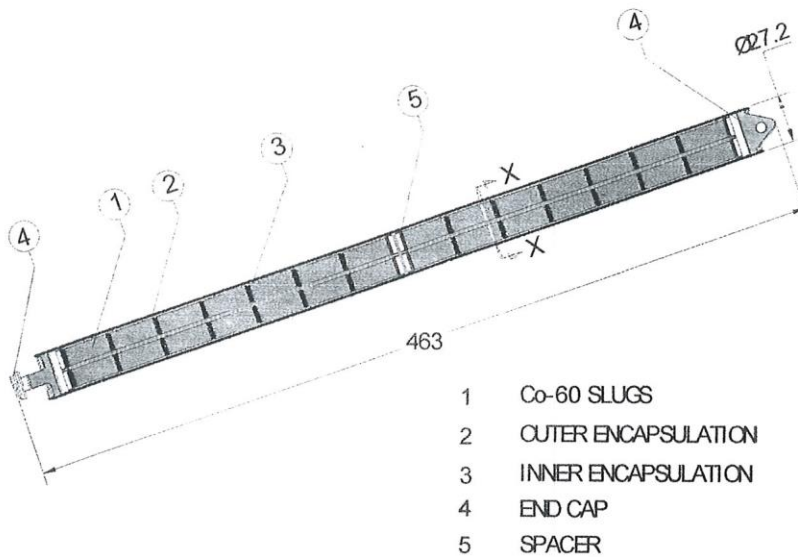
Pembuat dan pengguna juga harus membuat catatan dari dampak yang mungkin terjadi, seperti : kebakaran, ledakan, korosi dan aspek lain yang berhubungan dengan penggunaan secara terus menerus pada sumber terbungkus disamping yang terdapat dalam acuan. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan :

- a. Akibat dari kegagalan pada integritas sumber, hal ini dipengaruhi oleh :
 1. Jumlah dari zat radioaktif yang terkandung dalam sumber terbungkus
 2. Radiotoksisitas, daya larut dan pelindian dari zat radioaktif tersebut.
 3. Komposisi kimia dan fisika dari bahan
- b. Lingkungan tempat sumber disimpan, dipindahkan dan digunakan.

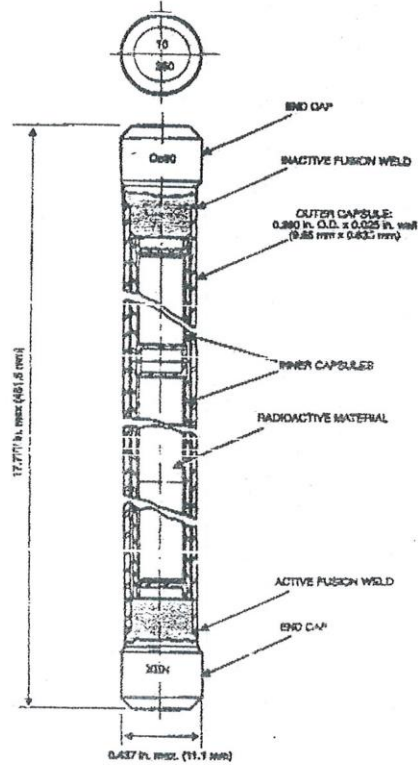
Sumber Terbungkus India (C-122)

Sealed sources:

- Design of source pencil
 - ISO 2919
 - AERB- SS 3
- Double encapsulation
- Compatible Encapsulating material



Gambar Sumber Radiasi Terbungkas Tipe C-188



C-188 Type Number	Model Number of Source
1.	C-177C-177
2.	AC-191AC-191
3.	AC-196AC-196
4.	C-206
5.	AC-306AC-309
6.	AC-316C-316
7.	C-177AC-181
8.	C-177AC-190
9.	C-177AC-308
10.	AC-191AC-195
11.	AC-191AC-329
12.	AC-196AC-339

Notes

1. Conforms to IAEA Special Form requirements AECB Certificate No. CDAN0010/S.
2. Radioactive Material: Cobalt-60 in solid form.
3. Outer capsule material: Type 316L stainless steel.
4. All capsules are sealed by fusion welds.
5. Engraved on capsule:
 (A) Upper end cap (face): serial number (diameter); C-188 Co60
 (B) Lower end cap (diameter): NIXX where X is material heat number.
6. All dimensions shown at 20°C.

1317

NORDION INTERNATIONAL INC.
 447 March Road, P.O. Box 13300
 Kansas, Ontario, Canada, L2K 1X6
 Tel: (613) 592-2700 • Fax: (613) 592-0937 • Telex: 083-4162

TITLE
C-188 Co-60 Sealed Source

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF NORDION INTERNATIONAL INC. AND IS SUBMITTED FOR CONSIDERATION ON THE UNDERSTANDING THAT THERE SHALL BE NO EXPLOITATION OF ANY INFORMATION CONTAINED HEREIN EXCEPT WITH THE SPECIFIC WRITTEN AGREEMENT OF NORDION INTERNATIONAL INC.

REF. DWG. A05244	REVISED SEP 93	DC 80675
DATE FEB 1967	No. C-188	REV. M
DRAWN	CHECKED	APPROVED
SHEET 1 OF 1		

Persyaratan Khusus Terhadap Kondisi Penyimpanan Dalam Kolam

Bahan kapsul bagian luar harus sedemikian rupa sehingga tidak berkarat ketika sumber terbungkus disimpan dalam kolam penyimpanan. Dalam memilih bahan pembuat kapsul harus memasukkan cacatan mengenai batasan termalnya.

Bahan kapsul pembungkus sumber umumnya dipilih baja tahan karat yang mampu bertahan dalam air tanpa mengalami proses korosi dan suhu tinggi.

Terutama sumber itu sendiri harus tidak larut dalam air, sehingga akibat penerobosan pada pengungkung tetap minimum. Perlu dicatat bahwa kelarutan Cesium Klorida dalam air sangat tinggi sehingga ^{137}Cs tidak direkomendasikan sebagai sumber.

Sertifikasi dan Dokumentasi

Pembuat atau pemasok sumber dan pengguna harus membuat cacatan mengenai sumber terbungkus tersebut. Keterangan ini mungkin dibutuhkan oleh instansi yang berwenang. Untuk beberapa tujuan seperti lisensi dari fasilitas dan pengangkutan sumber, cacatan harus memenuhi hal-hal berikut :

Jumlah model dan jumlah identifikasi sumber, kandungan radionuklida, aktivitas sumber dan tanggal.

Sertifikat klasifikasi ISO.

Sertifikat uji kebengkokan (jika diperlukan)

Sertifikat uji kebocoran.

Sertifikat uji pengangkutan (acuan)

Dokumentasi lainnya yang dibutuhkan oleh instansi yang berwenang.

Desain internal perangkat sumber

Peralatan mekanik untuk desain internal bentuk sumber

Pemegang dan Rak Sumber

Pemegang dan rak sumber yang kuat digunakan untuk menghindarkan terjadinya pergeseran letak bahkan terlepasnya sumber dari posisi yang aman. Untuk mencapai keselamatan pekerja radiasi atau pekerja yang berada disekitar iradiator, pengaturan posisi dan pemindahan sumber dilakukan dari luar ruang iradiasi. Apabila terjadi kegagalan pada pemegang atau rak sumber, sumber radiasi dirancang untuk tetap dalam posisi aman dan tidak menyebabkan bahaya radiasi.

- Source storage berfungsi untuk menyimpan sumber radiasi yang dilengkapi dengan tutup pada bagian atasnya dan sistem pendingin yang terdapat pada dasar kolam iradiator .
 - Source stocker berfungsi sebagai rak sementara sumber radiasi pada waktu pemindahan sumber yang terdapat pada dasar kolam iradiator. Rak ini biasanya dapat menampung 36 unit case.
 - Rak sumber yang berfungsi sebagai tempat unit case, masing-masing unit case dapat diisi dengan 5 pinsil sumber .
 - Rak sumber ditempatkan diatas meja lifter. Ada dua bentuk rak sumber yaitu berbentuk plate (plate source rack) dan berbentuk silinder.(cylindrical source rak). plate source rack dapat memuat 16 unit case dan cylindrical source rak dapat memuat 24 unit case.
- Unit case berfungsi sebagai tempat pensil sumber radiasi, Pada setiap unit case terdapat 5 lobang sebagai tempat-pensil.
- Source stocker, source rack dan unit case dibuat dari bahan stainless steel SUS 304.

Pengamanan Sumber

Sumber radiasi harus diberikan perisai secara mekanik untuk menghindari terjadinya interferensi atau kerusakan peralatan atau produk atau wadah yang berisi produk. Dengan kata lain tidak boleh ada kontak antara sumber dengan produk, karena adanya kontak yang dapat menyebabkan konveyor macet , sumber tidak dapat diturunkan. Hal tersebut dapat menimbulkan panas yang dapat memicu terjadi kebakaran.

Sistem penempatan produk

Sistem penempatan produk dilengkapi dengan system kendali yang dapat mendeteksi terjadinya kegagalan system dan dapat menyebabkan sumber radiasi dapat dikembalikan pada posisi aman dan iradiator berada dalam keadaan shutdown. Hal ini penting karena kegagalan pada system penempatan produk dapat menyebabkan penempatan produk tidak pada posisi yang benar, dan dapat menghasilkan bahaya radiasi.

Loading dan unloading produk, proses penyinaran produk (iradiasi produk) bergantung pada jumlah wadah sampel pembawa produk yang dibutuhkan, kecepatan konveyor dan waktu yang dibutuhkan untuk perubahan posisi.

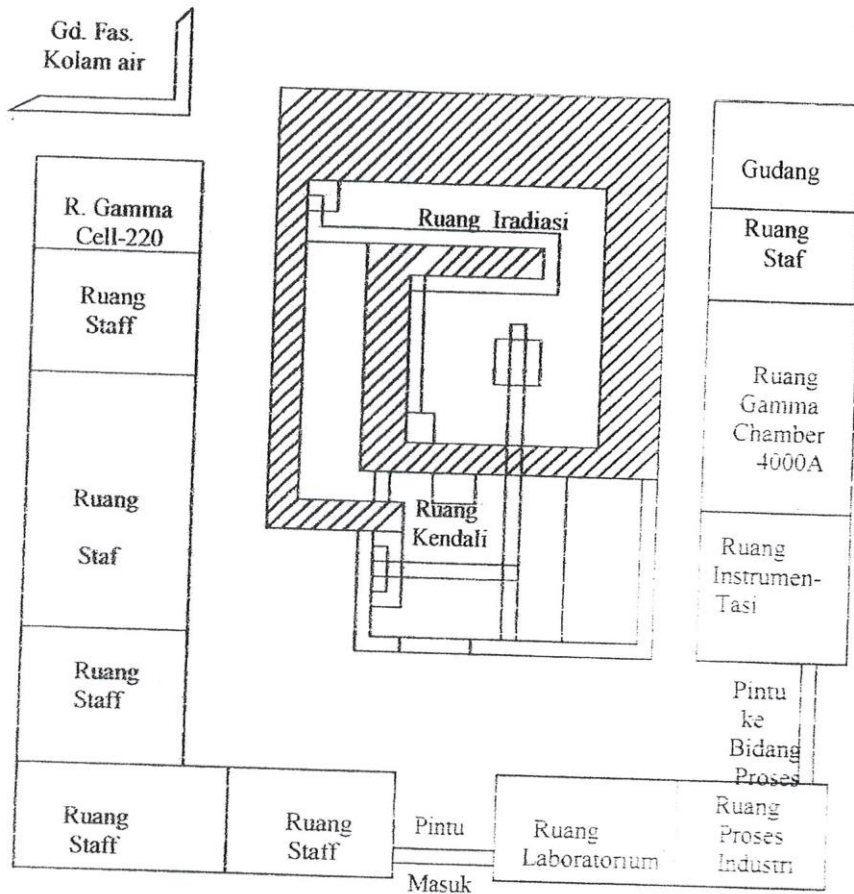
2. PENAHAN RADIASI (PERISAI RADIASI)

Adapun jenis dan bahan penahan radiasi yang dibutuhkan tergantung pada beberapa factor sebagai berikut jenis dan energy radiasi, aktivitas maksimum sumber, laju dosis radiasi yang diizinkan diluar gedung radiasi. Contoh denah gedung Iradiator panoramic Irpasena PAIR Batan diberikan pada gambar 2. Penahan radiasi berfungsi untuk mengurangi atau mengeliminasi tingkat paparan radiasi diluar ruang iradiasi pada tingkat laju paparan adalah 2,5 mR/Jam diseluruh ruang kerja atau disekitar ruang iradiasi. Dengan kata lain Paparan radiasi langsung dari pengoperasian fasilitas iradiasi harus dibatasi dengan penahan radiasi yang sesuai. Sifat-sifat penahan radiasi pada bahan yang khusus sudah baku, tetapi pengalaman dari mengoperasikan fasilitas iradiasi yang ada harus dipertimbangkan. Perhitungan penahan radiasi yang digunakan untuk ruang radiasi didasarkan pada persyaratan laju dosis yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Desain penahan radiasi sudah baku atau yang telah ditetapkan dalam desain dan telah disetujui oleh Bapeten, tidak boleh ada perubahan atau modifikasi yang dilakukan jika tidak seizin Bapeten.. Tebal dinding beton perisai radiasi yang dipersyaratk untuk Iradiator irpasena diberikan pada gambar 3.

Penahan radiasi penting untuk tempat masuk personil dan produk serta untuk sistem ventilasi dan ducting lainnya dan atap ruang radiasi. Hal ini merupakan masalah yang khusus bagi perancang penahan radiasi, yang harus menjamin bahwa tidak ada kebocoran radiasi, dan penggunaan jalan masuk dan tanda pada penahan radiasi cukup baik, untuk mengurangi medan radiasi pada titik keluar. Jika tidak perlu, akses ke daerah berdosis tinggi di larang. Kehati-hatian akan memberikan jaminan bahwa seluruh jalur radiasi dievaluasi , termasuk kasus-kasus pada fasilitas iradiasi, yang terjadi selama perpindahan sumber dari penahannya ke posisi beroperasi.

Walaupun telah diberikan petunjuk tentang penahan radiasi dalam *Safety Guides* dan acuan-acuan didalamnya, seluruh perhitungan tentang penahan radiasi harus dilakukan oleh orang yang ahli.



Gambar 2 . Denah gedung iradiator panoramik serbaguna (Irpasena - PAIR 1079)

SISTEM INTERLOCK untuk akses ke sumber

Berbagai system interlock untuk akses ke sumber radiasi dibuat untuk menghindari supaya tidak ada pekerja/petugas radiasi yang yang bisa masuk ruang iradiator pada saat posisi sumber dalam keadaan diatas (EXPOSED POSITION).

Sistem akses dirancang sehingga tidak memungkinkan pekerja atau petugas iradiasi memasuki ruang iradiasi pada saat sumber berada pada posisi penyinaran. Pengendalian akses dilakukan dengan system interlock. . Perhatian yang khusus harus diberikan terhadap ruang radiasi dalam fasilitas iradiasi gamma kategori II dan IV dan fasilitas berkas elektron kategori II.

Sistem pengendalian dengan interlock diberikan secara berurutan untuk akses personil, penguncian ruang iradiasi dan pengoperasian fasilitas. Sistem kendali harus di desain sedemikian rupa sehingga setiap usaha untuk mengendalikan dan menggunakan fasilitas tersebut diluar prosedur, maka sistem secara otomatis akan berhenti dan dibutuhkan waktu untuk memulainya kembali. Peralatan system interlock adalah sebagai berikut;

Interlock untuk pintu akses personil

Pintu akses personil dilengkapi dengan peralatan sehingga pintu akan terbungkus dan aman sebelum proses iradiasi dilakukan. Sistem pintu interlock terintegrasi dengan sistem kendali utama sehingga kegagalan sistem interlock atau penggunaan pintu akan menyebabkan proses iradiasi secara otomatis berakhir. Setiap kegagalan sistem ini didesain untuk memberikan sinyal pada sistem alarm secara visual atau audio. Sistem interlock sumber dihubungkan secara langsung dengan rangkaian pengendali sumber dan sistem catu daya yang menyuplai ke sistem pengendalian sumber tersebut. Dua sistem tersebut dilakukan secara independen.

Interlock untuk lubang keluar masuk produk

Suatu peralatan khusus didesain untuk mencegah terjadinya akses personil melalui akses produk ke ruang iradiasi. Sistem interlock juga diperlukan yang dilengkapi dengan sistem alarm visual atau audio yang berfungsi pada saat sistem pengendalian produk gagal. Proses iradiasi dihentikan pada kondisi ini secara otomatis.

Plug Penahan Radiasi untuk ruang iradiasi (Tutup atap-Ceiling Hetch).

Kondisi plug atau Ceiling Hetch "Open" dan "Close" atau selalu ditunjukkan pada panel kendali. Jika ceiling hetch terbuka pada saat ruang radiasi "Danger" sumber radiasi akan turun secara otomatis diikuti bunyi alarm.

Peralatan ini juga dibuat dengan sistem interlock dengan sistem kendali utama untuk menghentikan proses iradiasi apabila plug tersebut berpindah dari tempat yang sebenarnya. Pengendalian interlock dilakukan di luar ruang iradiasi.

Monitor Radiasi Fixed dengan Alarm

Sistem pemantauan redudansi digunakan untuk mendeteksi tingkat radiasi pada ruang iradiasi. Pemantauan terintegrasi dengan sistem interlock

akses personil ke ruang iradiasi apabila tingkat radiasi melebihi batasan dosis atau apabila terjadi kegagalan sumber. Peralatan monitor dilengkapi dengan sistem alarm audio atau visual.

Interlok Status Sumber dan Sistem Paparan

Peralatan ini digunakan untuk menjamin sumber secara otomatis berada dalam posisi tersimpan apabila terjadi kegagalan dalam mekanisme penyinaran. Peralatan akan mencegah akses dan memberikan sinyal ke sistem alarm baik audio maupun visual pada saat sumber tidak mau kembali pada posisi aman.

Alarm harus dapat didengar baik dibagian dalam maupun dibagian luar ruang radiasi dan pada seluruh bagian bangunan tersebut ketika sumber tidak dalam posisi aman atau saat sedang beroperasi.

Pemonitoran Produk

Sistem pemantauan radiasi dengan sistem redudansi dan dilengkapi dengan sistem alarm ditempatkan pada suatu lokasi sehingga memungkinkan untuk mendeteksi sumber radiasi yang dapat terangkut atau terbawa bersama-sama dengan produk. Pemonitoran ini dihubungkan dengan sistem interlock yang dapat memberikan sinyal apabila terjadi paparan yang berlebih pada daerah akses produk sehingga sistem konveyor berada dalam keadaan shutdown dan sumber kembali pada posisi aman.

Monitor Sistem Pemrosesan Air

Monitor radiasi tetap dengan alarm yang dapat didengar harus dipasang pada kolom penukar ion untuk mendeteksi meningkatnya kontaminasi dari kebocoran sumber. Monitor ini harus di hubungkan dengan kendali iradiasi sehingga sumber kembali ke posisi terlindungnya dan sirkulasi air berhenti, seharusnya radiasi mencapai tingkat alarm yang dipasang. Tingkatnya harus ditentukan diatas tingkat background alami untuk menghilangkan jumlah alarm palsu yang berlebihan.

Fasilitas Terlindung dengan Sempurna (Fasilitas Iradiasi Gamma, kategori I dan III)

Iradiator tidak boleh digunakan sampai seluruh dinding penghalang ada pada tempatnya dan seluruh peralatan keselamatan lainnya di jalankan. Dinding penghalang yang mudah bergerak harus di interlock sehingga tidak dapat dipindahkan, sehingga tidak menghasilkan radiasi yang melebihi tingkat radiasi yang didesain. Monitor radiasi interlock harus tersedia, sebagai *backup check* bahwa dinding penghalang tetap pada tempatnya.

3. RUANG IRADIASI

Ruang iradiasi berfungsi sebagai tempat dilakukan iradiasi gamma terhadap produk. Dalam ruang iradiasi terdapat beberapa peralatan sebagai berikut ;

Timer Delay Safety dengan Alarm (Pengatur Waktu Tunda).

Ruang iradiasi dilengkapi dengan alat ini (timer delay safety) yang secara otomatis memberikan sinyal ke sistem alarm visual dan audio untuk memberikan peringatan pada pekerja radiasi pada saat *start-up*. *Timer* memberikan cukup waktu bagi pekerja radiasi (operator) untuk melakukan pengamatan kondisi ruang iradiasi yang menjamin tidak ada orang lain yang berada dalam ruang penyinaran dan segera meninggalkan ruang tersebut. Sistem (timer) diintegrasikan dengan sistem kendali utama sehingga proses iradiasi tidak dapat dimulai apabila alat ini tidak digunakan.

Pintu Darurat atau Penahan Radiasi

Peralatan ini berfungsi untuk memberikan perlindungan bagi setiap pekerja /petugas yang tidak hati-hati ataupun tertinggal di bagian dalam salah satu atau lebih ruang iradiasi pada sistem-sistem berikut harus di berikan : sebuah tanda pada pintu keluar ruang radiasi. Hal Ini membutuhkan sebuah sistem untuk membuka pintu akses perorangan dari bagian dalam ruang radiasi, sehingga mengaktifkan interlock keselamatan secara normal.

Lokasi yang aman juga diperlukan dalam lorong ruang iradiasi dengan menandai lokasi dimana tingkat laju dosis radiasi cukup rendah.

KOLAM PENYIMPANAN SUMBER

Beberapa komponen atau peralatan dari kolam penyimpanan sumber diberikan sebagai berikut ;

Perlengkapan Kolam

Air digunakan sebagai medium penahan radiasi pada jenis iradiator kolam. Peralatan pengendalian ketinggian air otomatis tersedia (terpasang) untuk mempertahankan air agar selalu berada pada tingkat yang telah ditetapkan. Semua komponen yang berada dalam air mempunyai gravitasi spesifik 1 atau lebih, kecuali *float switch*. Apabila digunakan tabung berongga harus dilengkapi dengan ventilasi untuk mencegah air membanjiri tabung, hal ini untuk mengurangi bahaya radiasi tinggi pada tabung.

Integritas Kolam

Pengungkung kolam didesain kedap air dan dilengkapi dengan *liner* stainless steel yang tahan korosi. Pengungkung didesain untuk menopang wadah pengangkutan sumber selama transfer sumber tanpa merusak integritas kolam. Penetrasi (pipa atau lubang) tidak diperkenankan sampai ke bawah kolam juga pada dinding kolam lebih dari 30 cm dibawah permukaan air.

Bahan Komponen Kolam

Semua komponen permanen harus dibuat tahan korosi (terbuat dari bahan stainless steel) karena hasil korosi akan mempengaruhi integritas sumber. Dalam penggunaan, komponen stainless steel (misal, brackets atau pulleys) harus dipasifkan, khususnya setelah pabrikan.

Sistem Kendali Ketinggian Air-Normal

Peralatan ini digunakan untuk mencegah terjadinya kehilangan air dari kolam. Hilangnya tinggi air normal disebabkan oleh evaporasi. Sistem ini harus mampu mempertahankan ketinggian air kolam untuk menahan radiasi. Peralatan dilengkapi dengan sistem meteran pada sistem pemasok air yang dapat menunjukkan perubahan kondisi air dihubungkan dengan kemungkinan adanya kebocoran kolam.

Sistem Kendali Ketinggian Air- Abnormal (low)

Sistem ini mengaktifasi alarm visual atau audio apabila air kolam berada pada ketinggian 30 cm dibawah tinggi air normal.

Pengkondisian Air

Kualitas air kolam diproses dengan menggunakan unit pemurnian air (water treatment unit). Unit pemurnian air mampu memproduksi air bebas mineral dan dilengkapi dengan sistem pengkondisian air yang mampu mempertahankan air selalu dalam kondisi bersih dan konduktansi tidak melebihi 1000 $\mu\text{S/m}$. keadaan ini akan mengurangi korosi sumber. Dalam penanganan kondisi air tidak diperhatikan kemungkinan kontaminan lain (seperti *deionizer regenerant*, bahan pembersih, bahan pencegah korosi, produk yang tumpah).

Pendingin Air

Karena adanya panas yang dihasilkan dari paparan sumber, tingkat kelembaban yang tinggi akan menyebabkan bahaya bagi peralatan listrik,

wadah produk dan sistem penempatan produk. Dengan demikian, sistem pendingin kolam air harus ada. Pengurangan air akibat evaporasi dan kolam diusahakan tetap memberikan nilai konduktansi 1000 $\mu\text{S}/\text{m}$ dalam waktu yang cukup lama sebelum dilakukan penggantian atau regenerasi resin deionisasi.

Sistem Pemipaan Dalam Kolam

Karena digunakan pipa dalam kolam penyimpanan sumber untuk sistem ketinggian air dan kualitas air, Breaker siphon harus tersedia dalam sistem pemipaan kolam penyimpanan sumber untuk mencegah aliran air yang menyebabkan ketinggian dibawah 30 cm dari tinggi air normal. Semua sistem pipa harus mengalirkan air sehingga tinggi air tidak berada dibawah 30 cm dari tinggi normal.

Penutup dan Pengaman Kolam

Penghalang fisik, seperti penutup logam atau jeruji harus tersedia untuk mencegah personil jatuh ke dalam kolam. Penutup ini harus dapat dipindahkan selama perawatan atau perbaikan.

4. CONTROL (PANEL KENDALI UTAMA).

Sistem control iradiator kategori II dan IV ini dilengkapi dengan panel kendali utama yang digunakan untuk mencegah pengoperasian oleh orang yang tidak berwenang atau tidak berhak. Sistem kendali utama ini dapat berbentuk switch kunci dapat berbentuk mekanik atau padlock yang sederhana. Panel kendali utama ini juga digunakan untuk mengakhiri proses iradiasi dan mengembalikan iradiator pada posisi yang tidak digunakan pada suatu waktu.

Pengoperasian Iradiator kategori IV serbaguna (Karet alam dan berbagai Produk) PAIR Batan dikendalikan dari panel pengendali utama yang terdapat dalam ruang control pane (diluar ruang radiasi). Pada panel utama ini terdapat saklar-saklar daya, relai-relai, lampu indicator sebanyak 83 buah , switch kunci untuk mengoperasikan dan sambungan keseluruhan siste.

Iradiator industry modern saat ini menggunakan system control dengan PLC, dengan membuat program yang kemudian dijalankan oleh PLC . PLC adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relay-relay yang dijumpai pada proses konvensional. Perintah input dilaksanakan oleh operator sebagai pemicu program dan output sebagai perintah lanjutan masukan PLC adalah relay sebagai pemicu kerja system komponen iradiator.

Sistem kendali ini terdiri dari beberapa peralatan adalah sebagai berikut

Kunci Akses

Kendali iradiator dapat didesain dengan kunci tunggal yang digunakan untuk tujuan serbaguna yang dapat mengoperasikan iradiator selama kondisi normal. Kunci ini digunakan untuk pengoperasian panel kendali, pengendalian akses ke ruang iradiasi dan untuk mengaktifkan pengatur waktu tunda untuk keselamatan (*timer delay safety*). Apabila digunakan dua kunci atau lebih, maka kunci yang lain harus tersimpan dengan aman.

Peralatan Keadaan Darurat

Peralatan keadaan darurat ini berfungsi untuk mencegah terjadinya interupsi atau pemberhentian operasi iradiator pada suatu waktu (mendadak). secara cepat. Sebagai tambahan untuk setiap peralatan secara normal tersedia pada panel kendali untuk pemberhentian (shut down) iradiator, peralatan keadaan darurat pada panel kendali ini dapat digunakan untuk mencegah, menginterupsi secara cepat atau menghentikan operasi iradiator setiap saat.

Dengan kata lain bahwa peralatan ini harus jelas dan mudah dicapai oleh pekerja dalam ruang radiasi, dan memberikan alarm visual dan audio diluar ruangan.

Ada dua peralatan ini pada iradiator kategori II dan IV meliputi ;

- a. Kontak Swich operasi darurat, panel ini berada didalam ruang iradiasi , dilengkapi dengan suatu alarm dan lampu merah yang hidup 5 detik sebelum lifter dinaikkan dan selama lifter naik. Apabila tombol "Emergency half-way stop " atau "emergency Down " pada panel ditekan, gerakan lifter akan berhenti atau turun ke posisi penyimpanan. Pengoperasian panel ini juga ditampilkan pada panel pengendali dengan bunyi alarm.
- b. Boks switch tali pengaman.
Tali wayar yang terdapat di dinding ruang iradiasi dihubungkan ke boks switch tali keadaan darurat , Jika tali ini ditarik . otomatis lifter akan turun ke posisi penyimpanan. Untuk kegiatan perawatan tali pengaman ini tak berfungsi.

Pemutusan Mekanisme Paparan Sumber untuk Perawatan

Peralatan ini digunakan untuk memutuskan hubungan catu daya (listrik, pneumatik dan hidraulik) untuk mekanisme pergerakan sumber secara aman pada saat sumber berada dalam perawatan. Sistem ini digunakan untuk mengisolasi sistem kendali sumber atau untuk mengunci secara mekanik bagian fasilitas yang dapat bergerak.

5. KONVEYOR

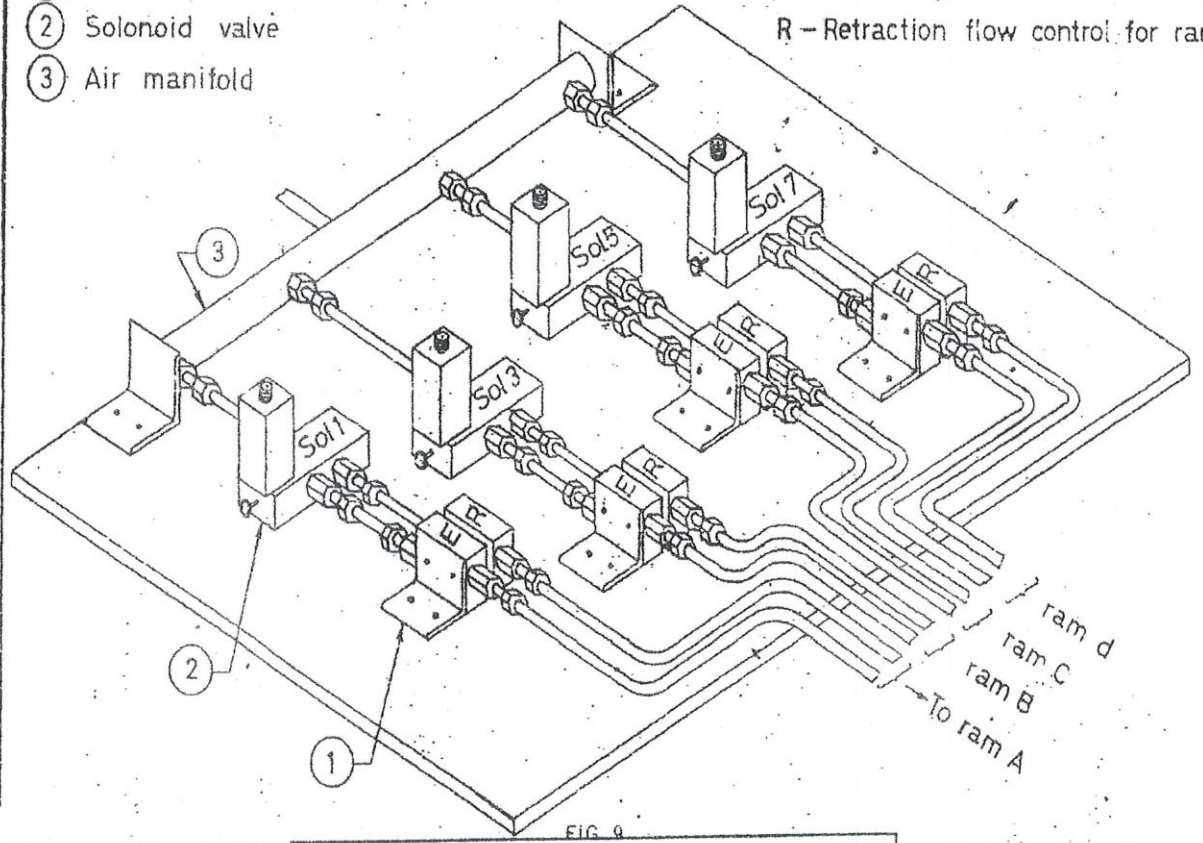
Sistem konveyor sampel/produk terdiri dari peralatan mekanik dan listrik. Konveyor untuk iradiator industri biasanya sistem hanging dan sistem ban berjalan. Konveyor berfungsi untuk : membawa / carrier sample/barang/produk masuk ke ruang iradiasi pada saat diradiasi berlangsung dan membawanya keluar setelah selesai diradiasi. Untuk mencegah terjadinya kerusakan bahan yang diradiasi dari resiko over dosis maupun menghindari terputusnya proses radiasi diperlukan sistem interlok.

Contoh konveyor sistem pneumatik yang pertama kali di pasang pada Iradiator panoramik Serbaguna (IRPASENA PAIR BATAN) oleh BARC India lihat gbr. 4. Iradiator panoramik ini didesai untuk menggunakan konveyor sistem pneumatik yang terdiri dari peralatan katup solenoide gambar 4.a. dan ball caster plate gambar 4.b serta konveyor dengan penempatan bok produk gambar 4.c. Saat ini konveyor irpasena telah dipasang dengan sistem konveyor rantai seperti diberikan pada gambar 5.a, dan 5 b.

PNEUMATIC SOLENOID VALVE SUB ASSEMBLY

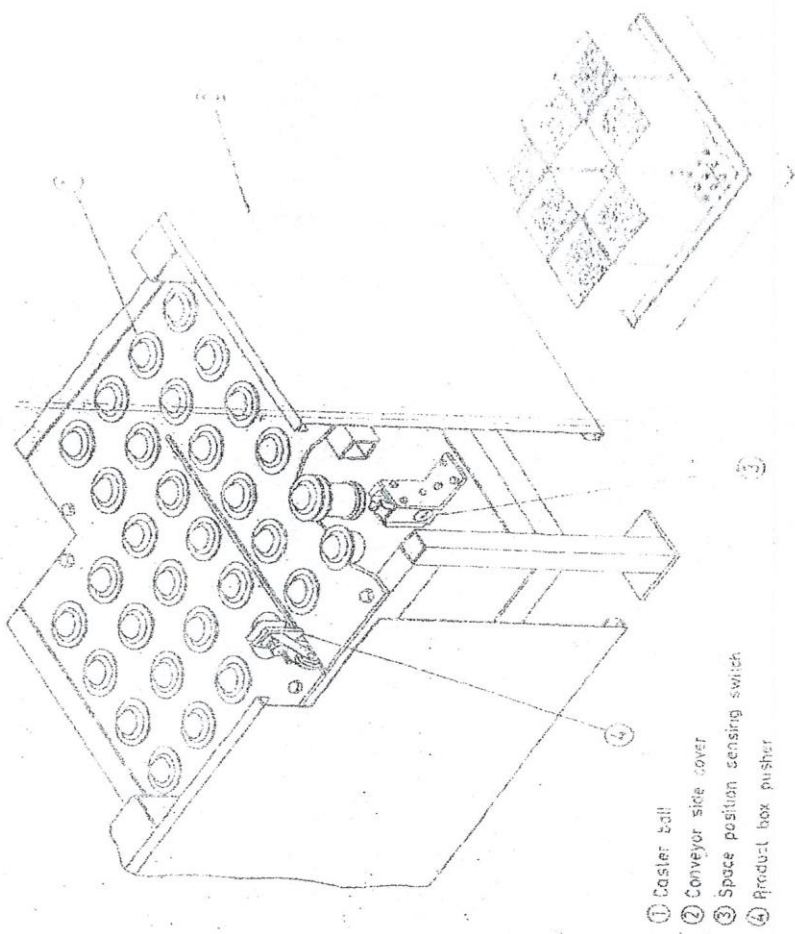
- ① Flow control valve
- ② Solenoid valve
- ③ Air manifold

E - Extension flow control for ram
R - Retraction flow control for ram

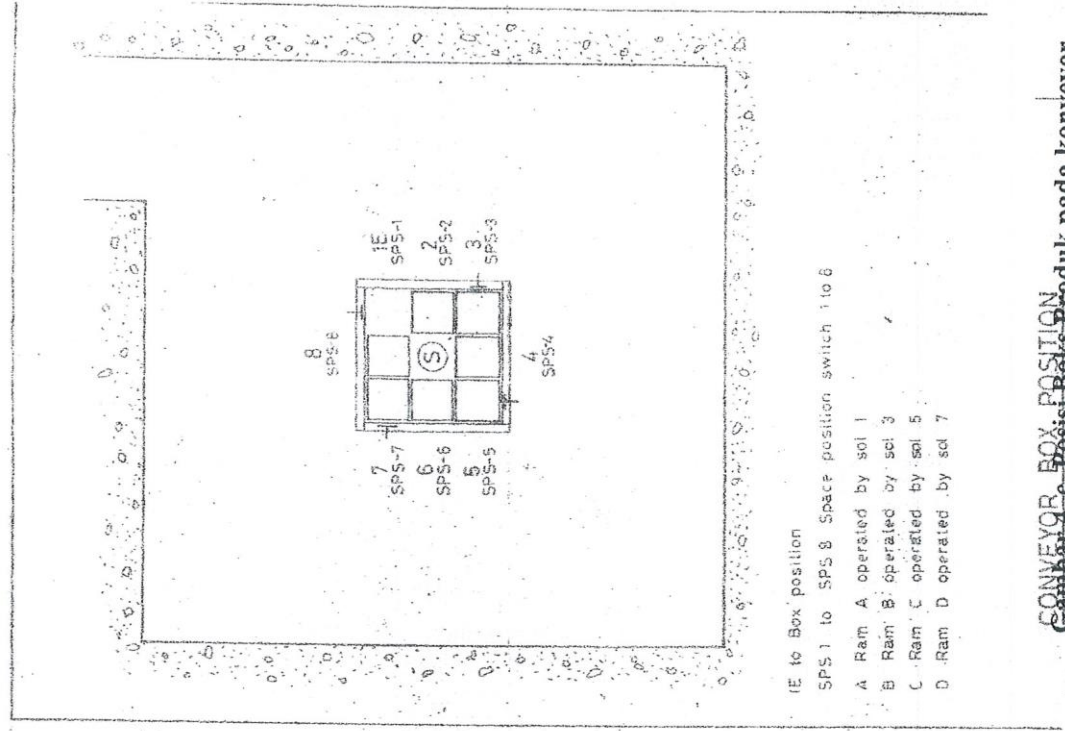


Gambar 4. a. Katup solenoid pengatur aliran udara konveyor Iripasena

BALL CASTER PLATE IN SHUFFLE CONVEYOR

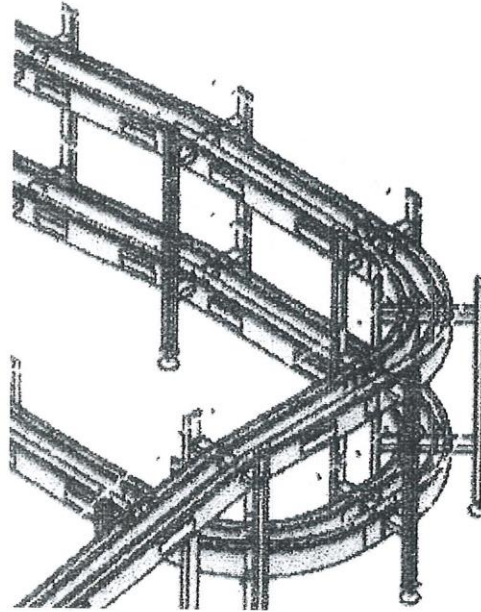


Gambar 4. b. Ball caster plate

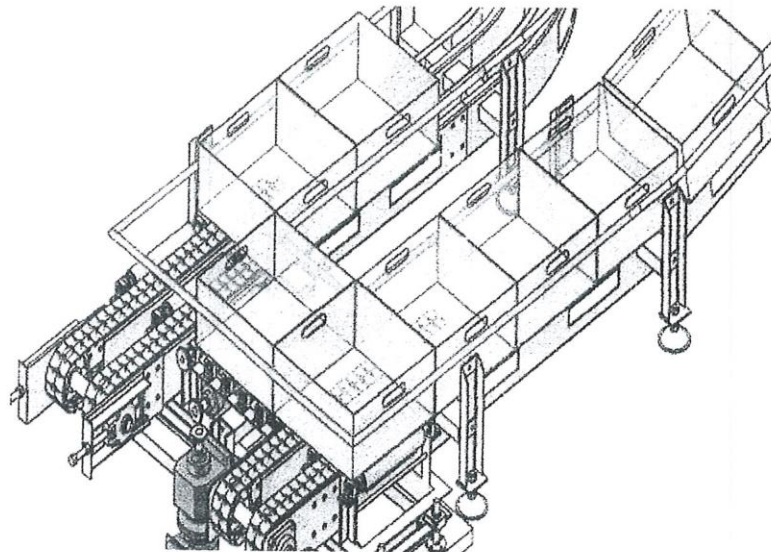


- IE to Box position
 SPS 1 to SPS 8 Space position switch 1 to 8
 A Ram A operated by sol 1
 B Ram B operated by sol 3
 C Ram C operated by sol 5
 D Ram D operated by sol 7

CONVEYOR BOX POSITION
 Gambar 4. c. Posisi Boks Produk pada konveyor



Gambar 5. a Sistem Konveyor Rantai Iripasena



Gambar 5. b Penempatan Boks Produk pada Konveyor Iripasena (Saat ini)

6. PERALATAN PENGAMANAN dan KESELAMATAN

Lokasi Geologi.

Karakteristik geologi pada lokasi iradiator yang dapat mempengaruhi integritas penahan radiasi harus dievaluasi. Daerah potensial atau jenis permukaan tanah, lapisan tanah, gerakan tanah dan kondisi geologi lain harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi iradiator. Faktor lain seperti penambangan bawah tanah harus dipertimbangkan juga, karena dapat menyebabkan ketidakstabilan.

Detektor Seismik

Apabila lokasi iradiator berada dalam daerah dengan tingkat gangguan seismik yang tinggi, khusus untuk iradiator kategori II dan IV harus dilengkapi dengan detektor seismik yang akan memberikan sinyal kepada sistem kendali sumber apabila terjadi bahaya seismik yang dapat mengembalikan sumber secara otomatis pada posisi aman. Detektor ini dapat merupakan jenis omniaksial horizontal atau uniaksial vertikal yang teraktuasi dengan percepatan diatas 0,05 g.

Gempa bumi dasar desain

Pada daerah seismik, penahan radiasi harus didesain untuk bertahan terhadap jenis gempa dasar desain (Desain Basis Earthquake). DBE berdasarkan pada evaluasi potensial gempa bumi maksimum yang mempertimbangkan sifat geologi lokal dan regional serta sifat seismologi dan karakteristik spesifik lain.

Perlindungan terhadap bahaya kebakaran

Panas yang akan menyebabkan kebakaran dihasilkan dari proses iradiasi yang cukup lama terhadap bahan atau produk yang mudah terbakar atau akibat dari suatu tindakan kegagalan peralatan. Oleh karena itu perlu disediakan peralatan sensor untuk asap atau panas dengan alarm visual atau audio untuk mendeteksi terjadinya kebakaran dalam ruang iradiasi. Desain fasilitas dibuat sehingga apabila terjadi kebakaran akan menyebabkan sumber kembali secara otomatis pada posisi aman, sistem penempatan produk dan ventilasi kembali pada posisi shutdown. Desain dari fasilitas harus sedemikian rupa sehingga kerusakan akibat kebakaran terhadap setiap komponen tidak akan mencegah sumber kembali pada posisi aman.

Sistem pemadam kebakaran juga harus tersedia dalam ruang iradiasi. Pada saat sistem hidran terpasang, harus dipastikan ada sistem pengendalian aliran air. Bahan kimia yang dapat mempengaruhi integritas sumber tidak boleh digunakan dalam sistem pemadam kebakaran.

Kegagalan Catu Daya (SUMBER)

Listrik

Apabila terjadi kegagalan catu daya listrik, suatu peralatan harus tersedia untuk mengembalikan sumber secara otomatis pada posisi aman dan menghentikan pengoperasian sumber. Dalam keadaan ini, sistem kendali keselamatan akan selalu dalam keadaan baik.

Non-Listrik

Apabila terjadi kegagalan daya non-listrik (seperti daya pneumatik atau hidraulik) yang digunakan untuk pengendalian dan pengoperasian peralatan keselamatan iradiator, harus tersedia peralatan yang akan menyebabkan sumber kembali pada posisi aman secara otomatis dan iradiator berhenti beroperasi.

Ventilasi

Iradiator industry kategori II dan IV dilengkapi dengan dua blower . yaitu blower untuk menghisap dan blower untuk memasukkan udara luar ke lorong ruang iradiasi. Untuk perhitungan ; Jika pertukaran udara didesain 20 kali perjam dan ruang iradiasi berukuran panjang 6 meter, lebar 6 meter dan tingginya 6 meter, berapakah kapasitas blower :?..

Ozon (O_3), nitrogen oksida atau gas lain (yang dihasilkan dari bahan plastik tertentu) dapat terjadi dari peristiwa radiolisis. Peralatan proteksi personil terhadap gas-gas tersebut yang melebihi nilai batas harus tersedia.

Fasilitas harus didesain untuk menghindari terjadinya aliran gas yang berbahaya tersebut ke tempat pekerja radiasi atau tempat kerja lain dan terjadinya peningkatan konsentrasi gas tersebut. Oleh karena itu, perlu tersedia ventilasi yang cukup dengan tekanan negatif pada ruang iradiasi.

Apabila digunakan sistem udara bertekanan, aliran udara harus terus menerus dipantau. Kegagalan sistem ini akan menyebabkan pengoperasian sumber berhenti secara otomatis.

Ozon, menjadi sangat reaktif, segera berubah menjadi bentuk normal oksigen (O_2) dan, ketika kapasitas besar, sistem ventilasi terus dioperasikan, ruang radiasi secara normal dapat dimasuki setelah proses iradiasi terhenti.

Suatu metoda yang dapat digunakan untuk pengendalian akses personil adalah dengan menggunakan mekanisme interlock time delay yang akan mencegah pintu terbuka sampai nilai konsentrasi gas atau ozon berada pada tingkat yang aman setelah pengoperasian sumber.

Secara umum sistem ventilasi didesain untuk memindahkan ozon lebih banyak dari pada untuk memindahkan gas berbahaya lainnya. Blower untuk pemantauan ozon harus dihubungkan dengan Interlok

SIMBOL DAN TANDA BAHAYA

Tanda Bahaya Peralatan Iradiasi

Pada pintu masuk ke ruang iradasi harus dipasang tanda atau simbol bahaya radiasi yang dapat terlihat dengan jelas dan sesuai dengan aturan yang berlaku. Tanda bahaya yang berada dalam ruang iradiasi harus menggunakan bahan yang tahan terhadap dosis tinggi dan sesuai kondisi lingkungan.

Indikator Status Sumber Iradiasi

Indikator status sumber yang dapat dilihat dengan jelas harus tersedia pada ruang kendali yang menunjukkan :

Proses iradiasi berhenti (sumber kembali pada posisi aman)

Iradiasi dalam proses (*source-up*)

iradiasi dalam proses persiapan (sumber pada posisi transit)

Indikator status sumber harus terlihat oleh setiap personel atau pada bagian keluar/masuknya produk.

Alarm Audio

Alarm ini harus tersedia dan mempunyai jenis suara yang berbeda dengan suara lain yang ada disekitar iradiator dan mempunyai kekuatan suara yang cukup untuk didengar oleh personil yang bertugas dalam pengoperasian.

Sistem Pewarnaan Indikator Status Sumber

Sistem pewarnaan berikut dapat digunakan dalam indikator :

KONDISI	WARNA
Keadaan Darurat (stop button atau cahaya)	Merah
Bahaya – Peringatan	Simbol baling-baling atau Merah
Informasi Kritis (kegagalan)	Merah
Hati-hati (bukan keadaan darurat)	Kuning atau Orange
Normal (kondisi aman)	Hijau
Informasi	Biru

Sistem Label

Iradiator gamma kategori I harus mempunyai label yang dapat dilihat dengan jelas yang memberikan identifikasi radionuklida, aktivitas dan tanggal dari aktivitas tersebut. Iradiator harus memperlihatkan tanda dan simbol berdasarkan peraturan nasional.

Disamping itu juga label berisi informasi :

- Nama dan alamat pembuat
- Model dan seri iradiator
- Nomor izin
- Aktivitas maksimum sumber.

Apabila digunakan suatu panel kendali, identifikasi harus juga diberikan sebagai bagian dari iradiator. Saat label memberikan jaminan iradiator terlindung sempurna, jangan meletakkannya kedalam pelindung melalui shell kontainer logam.

Peralatan untuk Loading dan Unloading Sumber.

Pemuatan (Loading) DAN Pembongkoran (Unloading) Sumber

Operasi pengisian dan pembongkaran dapat memberi paparan pada orang hingga laju dosis yang berlebih berdasarkan pengalaman pada operasi normal fasilitas. Bagaimanapun prosedur evaluasi harus dibuat untuk menjamin bahwa paparan terhadap orang tetap memenuhi ALARA.

Pengkajian harus juga dilakukan terhadap berbagai bahaya keselamatan yang ada dalam pekerjaan pengisian dan pembongkaran sumber. Berbagai rencana kontingensi yang diperlukan harus dituangkan dalam instruksi tertulis untuk pengoperasian fasilitas.

Penting sekali bahwa integritas sistem kontrol keselamatan tidak dibahayakan oleh prosedur pengisian dan pembongkaran sumber.

Pengisian dan pembongkaran sumber radioaktif pada saat tiba di fasilitas ataupun pada saat pengiriman dari fasilitas merupakan operasi yang mempunyai potensi bahaya dan perlu dilakukan dibawah pengawasan ketat proteksi radiasi. Keselamatan pada operasi ini tergantung pada kerja sama antara pihak yang bertanggung jawab terhadap proteksi radiasi dan tim yang ditunjuk untuk mengisi dan membongkat sumber radioaktif. Pada banyak kasus, tim ini adalah pemasok sumber. Pada akhirnya, bagaimanapun, tanggung jawab untuk keselamatan saat sumber radioaktif ada di fasilitas terdapat pada organisasi pelaksana.

Jenis tertentu dari wadah sumber tidak memenuhi syarat-syarat untuk bungkus jenis B(U) seperti yang terdapat pada Ref.. Wadah ini diangkut dalam kontener pengangkut khusus. Ketika wadah dipindahkan dari kontener, tindakan hati-hati perlu diambil untuk menjamin bahwa tidak ada bahan mudah terbakar di sekitarnya, misalnya di kendaraan berisi bahan bakar atau tempat penyimpanan LPG. Organisasi pelaksana harus berkonsultasi dengan pemasok sumber untuk informasi untuk keperluan kehati-hatian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety of Gamma and Electron Irradiation Facilities, Safety Series NO. 107, IAEA Vienna, 1992

D.S.Lavale (Private Commucation) is a mechanical engineering graduate and has also graduated in nuclear technology from the prestigious training school of Bhabha Atomic Reasearch Center (BARC), India. Sunsequently he worked in BARC and in Board of Radiation and Isotope Technology (BRIT) from year 1971 to 2010 on various position. **Worked at Own Consultancy Services GAMMA Irradiator. Email : lavale@gmail.com Telephone : +919821517835 skype : vashiwala**

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in San Salvador, IAEA, Vienna (1990).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching, Safety Series No. 91, IAEA, Vienna (1989).

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities, Rep. 51, NCRP, Washington, DC (1977).

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, Safe Design and Use of Panoramic, Wet Source Storage Irraditors (Category IV), ANSI-N43.10-1984, New York (1984).

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, Safe Design and Use of Self Contained, Dry Source Storage Gamma Irraditors (Category I), ANSI-N43.7-1977 (R1989), New York (1977).