

PENGOPERASIAN IRADIATOR

Oleh
Sukaryono, S.T

PELATIHAN PEKERJA IRADIATOR
YOGYAKARTA, 2021

PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
2021



TUJUAN INSTRUKSIONAL UMUM

Peserta mengenal dan memahami hal-hal yang berkaitan dengan prinsip dasar pengoperasian iradiator khususnya MBE(mesin berkas elektron), implantor ion, dan generator neutron

TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS

Setelah mengikuti Diklat ini peserta diharapkan mampu untuk :

- Mendeskripsikan iradiator akselerator dan jenisnya
- Menyebutkan komponen utama iradiator akselerator
- Menyebutkan persyaratan pengoperasian dan peraturan yang berkaitan iradiator akselerator
- Menyebutkan faktor keselamatan pengoperasian iradiator akselerator
- Menyebutkan potensi bahaya dari MBE, implantor ion, dan generator neutron
- Menjelaskan pengoperasian MBE, implantor ion, dan generator neutron

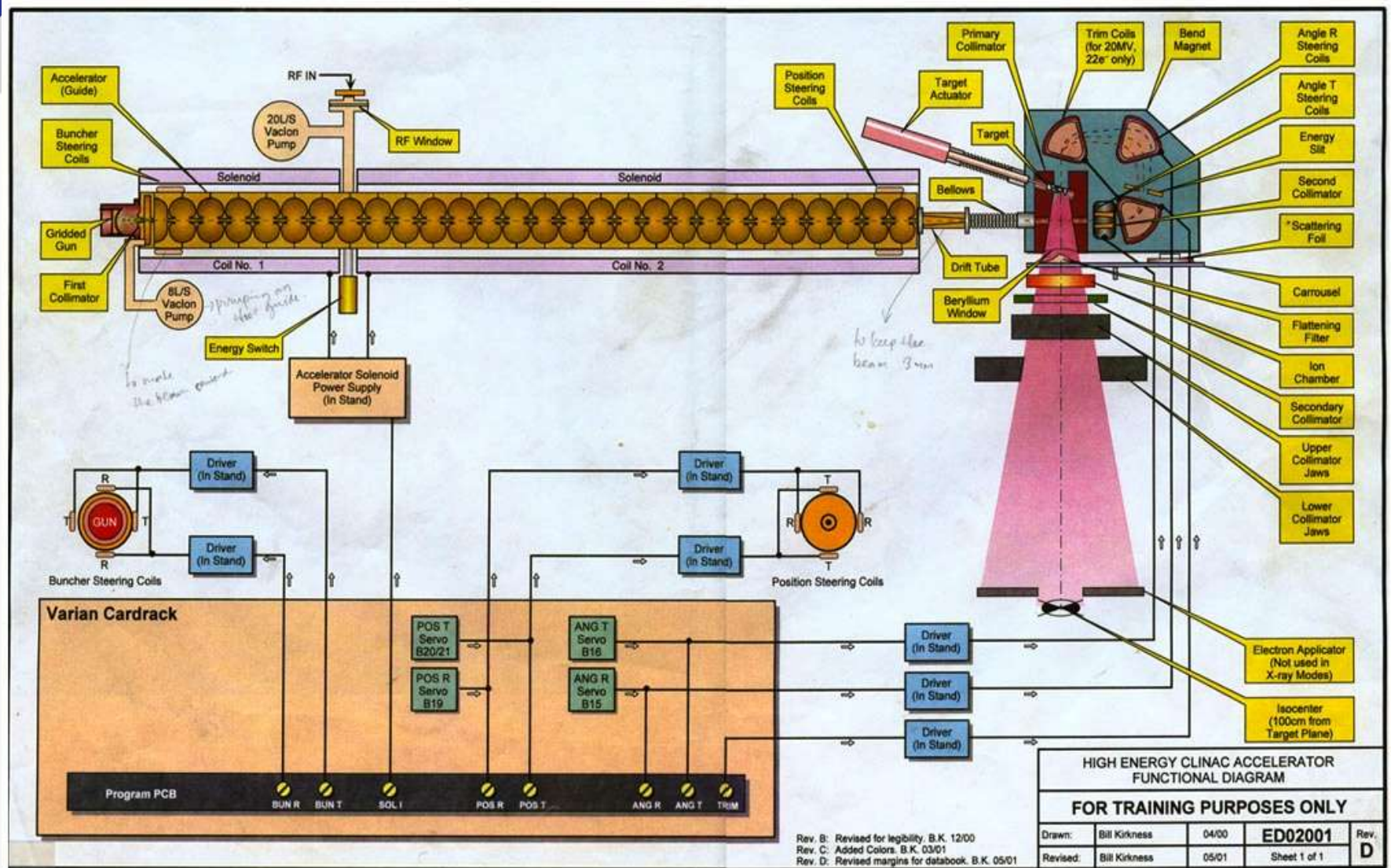
- ❑ **Pengoperasian** : Upaya untuk mendayagunakan suatu perangkat/peralatan sesuai dengan fungsinya
- ❑ **Iradiator** : Fasilitas radiasi nuklir yang digunakan untuk memproses suatu produk industri melalui mekanisme interaksi radiasi nuklir dengan bahan suatu produk (Target).
- ❑ **Pengoperasian irradiator** : pendencygunaan atau pemanfaatan irradiator untuk proses iradiasi suatu produk melalui mekanisme interaksi radiasi nuklir dengan bahan suatu produk
- ❑ **Jenis irradiator** :
 - Irradiator gamma : menggunakan Co-60
 - Akselerator : elektron, ion, neutron

❑ **Akselerator**

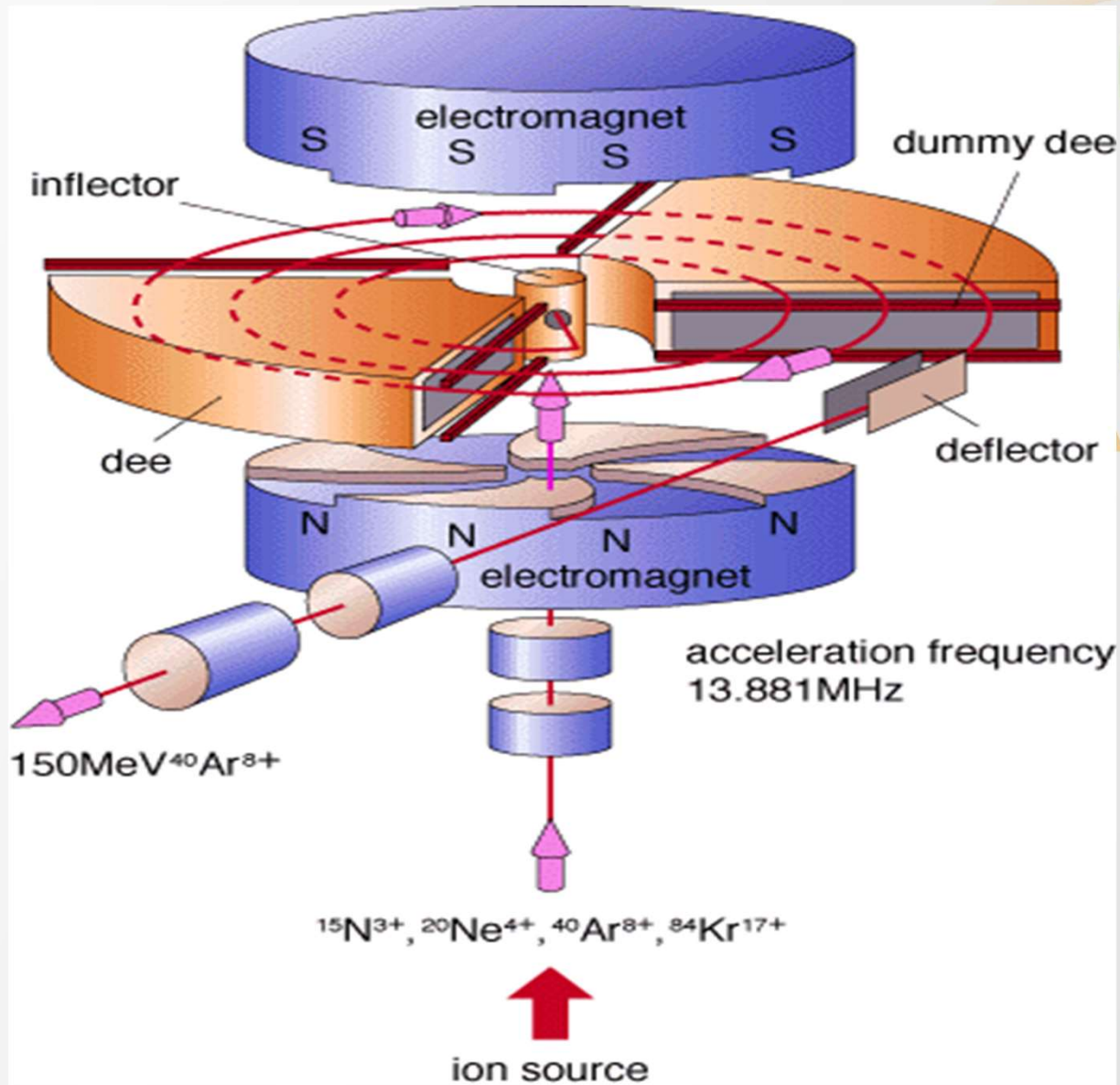
Sebuah perangkat yang berfungsi untuk mempercepat **partikel bermuatan** hingga tingkat **energi** tertentu untuk **proses iradiasi bahan/material/target**

❑ Jenis Akselerator menurut lintasan percepatan

1. Akselerator Linier (*Linier Accelerator*)
2. Akselerator Cyclic (*Cyclic Accelerator*)



Gambar : Linier Akselerator



Gambar : Siklotron

PERSAMAAN GERAK PARTIKEL BERMUATAN DALAM MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET

GAYA LORENZ

$$\vec{F} = e \vec{E} + e \vec{v} \times \vec{B}$$

Koordinat kartesian

$$\frac{d}{dt}(m\dot{x}) = eE_x + e\dot{y}B_z - e\dot{z}B_y$$

$$\frac{d}{dt}(m\dot{y}) = eE_y + e\dot{z}B_x - e\dot{x}B_z$$

$$\frac{d}{dt}(m\dot{z}) = eE_z + e\dot{x}B_y - e\dot{y}B_x$$

Koordinat Silinder

$$\frac{d}{dt}(m\dot{r}) - m r \dot{\theta}^2 = e E_r + e r \dot{\theta} B_z - e \dot{z} B_\theta$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dt}(m r^2 \dot{\theta}) = e E_\theta + e \dot{z} B_r - e \dot{r} B_z$$

$$\frac{d}{dt}(m \dot{z}) = e E_z + e \dot{r} B_\theta - e r \dot{\theta} B_r$$

ENERGI BERKAS

Jika gaya lorentz diintegralkan terhadap panjang lintasan, maka diperoleh perubahan energi kinetik partikel

$$E_K = \int \bar{F} d\bar{s} \quad \text{dimana} \quad d\bar{s} = \bar{v} dt$$

$$E_K = e \int \bar{E} d\bar{s} + e \int (\bar{v} \times \bar{B}) \cdot \bar{v} dt \quad \text{dimana} \quad (\bar{v} \times \bar{B}) \cdot \bar{v} = 0$$

Maka energi kinetik partikel tidak berubah dengan adanya medan magnet, dalam hal ini medan magnet hanya mengakibatkan penyimpangan lintasan partikel

$$\bar{E} = - \text{grad } V$$

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

$$E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} \quad E_\theta = -\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

$$E_k = eV$$

Bila gerakan partikel bermuatan dalam akselerator adalah non relativistik maka massa m adalah konstan, tetapi bila gerakannya relativistik maka besarnya massa m adalah

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}}$$

Bila

$$\beta = \frac{v}{c}$$

dan

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

maka

$$\bar{F} = \frac{d\bar{p}}{dt} = m \left(\gamma \frac{d\bar{v}}{dt} + \gamma^3 \frac{\beta}{c} \frac{dv}{dt} \bar{v} \right)$$

ACCELERATOR COMPONENTS

- 1. ION SOURCE/ELECTRON GUN***
- 2. HIGH VOLTAGE SYSTEM***
- 3. BEAMS ACCELERATION SYSTEM***
- 4. BEAMS OPTIC SYSTEM***
- 5. BEAMS TRANSPORT SYSTEM***
- 6. VACUUM SYSTEM***
- 7. COOLING SYSTEM***
- 8. TARGET SYSTEM***
- 9. INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEM***

PENGOPERASIAN IRADIATOR

ASPEK DASAR PENGOPERASIAN IRADIATOR :

- Aspek Perijinan,
- Aspek Keselamatan,
- Aspek Pelaksanaan Operasi.

ASPEK PERIJINAN

Persyaratan untuk Mendapatkan Ijin Pengoperasian

□ Ijin konstruksi

- Mengajukan permohonan konstruksi
- Uraian teknis tentang konstruksi iradiator berdasarkan keterangan pabrik pembuat
- Laporan analisis keselamatan (LAK) sesuai dengan SK DIRJEN BATAN NO.PN 00.01/92/DJ/87 yang dibuat oleh PPR dan disetujui oleh BAPETEN
- Program jaminan mutu (PJM) untuk disain dan konstruksi yang disetujui oleh BAPETEN
- Analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) yang telah disahkan

□ Ijin Operasi

- a) Mengajukan permohonan ijin operasi
- b) Juklak/Protap yang dibuat PPR dan disetujui BAPETEN
- c) Foto copy SIB dan surat pernyataan para pekerja radiasi (PPR, Operator, Petugas Dosimetri, Petugas perawatan/perbaikan)
- d) Foto copy Sertifikat kalibrasi alat Monitor radiasi
- e) Program jaminan mutu (PJM) untuk operasional disetujui BAPETEN
- f) Untuk perpanjangan Ijin Operasi hanya butir a,c,dan d

SURAT IJIN BEKERJA (SIB)

Dasar hukum

UU RI No.10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran Pasal 19 menyebutkan bahwa :

- a) Setiap petugas yang mengoperasikan reaktor nuklir dan petugas tertentu di dalam instalasi nuklir lainnya dan di dalam instalasi yang memanfaatkan sumber radiasi pengion wajib memiliki ijin.
- b) Persyaratan untuk memperoleh ijin sebagaimana dimaksud pada ayat 1 diatur oleh Badan Pengawas.

1. Jenis petugas tertentu yang memerlukan SIB

- a. Petugas proteksi radiasi (PPR)
- b. Ahli Radiografi (AR), Operator Radiografi (OR), Operator Iradiator (OI)
- c. Petugas dosimetri (PD)
- d. Petugas perawatan (PP)
- e. Operator reaktor (Opr. R) dan Supervisor reaktor (Sup.R)

2. Pengujian untuk memperoleh SIB

- a. BAPETEN : PPR, Operator dan Supervisor Reaktor
- b. BATAN/Instansi lain yang telah diakreditasi : AR,OR/OI, PD, dan PP

3. Akreditasi Lembaga Diklat

- a. BAPETEN : PPR, Operator dan Supervisor Reaktor
- b. KAN : AR, OR/OI, PD, dan PP

IZIN PENGOPRASIAN IRADIATOR

Sertifikasi

- ❑ Sertifikasi adalah rangkain penerbitan sertifikat.
 - Sertifikat untuk personal petugas PPR, Operator dan Supervisor Reaktor diterbitkan oleh BAPETEN.
 - Sertifikasi untuk Operator Iradiator dan Akselerator, Petugas Dosimetri dan Petugas Perawatan dilakukan oleh BATAN.
- ❑ Petugas tersebut diatas harus mengikuti dan lulus kursus dari lembaga kursus yang telah diakreditasi BAPETEN/BATAN yang dibuktikan dengan sertifikat lulus untuk selanjutnya diuji oleh BAPETEN/BATAN.
- ❑ Masa berlaku SIB 5 tahun

KESELAMATAN PENGOPRASIAN IRADIATOR AKSELERATOR

- ❑ Aspek penting yang harus dipahami penguasa instalasi iradiator dan pekerja iradiator :
 - Peraturan yang terkait
 - Faktor Keselamatan
 - Implementasi Keselamatan
 - PJM (Program Jaminan Mutu)
- ❑ Keselamatan personil pada umumnya bertujuan untuk melindungi perkerja iradiator akselerator dari bahaya tegangan tinggi, dan radiasi nuklir (sinar X, sinar gamma dan neutron).
- ❑ Keselamatan Mesin bertujuan agar mesin tidak mudah rusak sehingga mempunyai *life time* yang panjang.

Peraturan Pengoperasian Iradiator

Peraturan yang terkait dengan keselamatan pengoperasian iradiator akselerator adalah sbb:

- NCRP Report No.51, "Radiation Protection Design Guidline for 0,1 – 100 MeV Particle Accelerator Facilities", terkait dengan disain perisai radiasi, tata letak dan ruangan.
- Safety Series No.107, "Radiation Safety of Gamma and Electron Iradiator Facilities.
- UU RI No.10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran
- PP No.63 Tahun 2000 tentang Keselamatan dan Kesehatan Terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion.
- PP No.64 Tahun 2000 tentang Perizinan Pemanfaatan Tenaga Nuklir

- SK No.01/Ka.BAPETEN/V-1999 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja dengan Radiasi
- SK No.17/Ka.BAPETEN/IX-1999 tentang Persyaratan Untuk Memperoleh Ijin Bagi Petugas Instalasi Nuklir dan Instalasi Yang Memanfaatkan Radiasi Pengion.
- SK No.18/Ka.BAPETEN/II-2000 tentang Sertifikasi dan Akreditasi Lembaga Sertifikasi, Lembaga Kursus dan atau Laboratorium Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.

Faktor Keselamatan Pengoperasian Iradiator

- Konstruksi Gedung
- Perisai Radiasi
- Sistem Interlock
- Monitor Radiasi
- Kamera Monitor
- Sistem Ventilasi
- Tanda Potensi Bahaya

Implementasi Keselamatan Pengoprasian

4 komponen untuk melindungi petugas iradiator dan mesin dari potensi bahaya.

- **Sistem *interlock***
- **Sistem *trip***
- **Tanda peringatan**
- **Monitoring radiasi**
- **One key access accelerator operation**
- **Program jaminan mutu**

PELAKSANAAN PENGOPERASIAN IRADIATOR AKSELERATOR

- ❑ Kesamaan dasar pengoperasian iradiator : merupakan Instalasi Nuklir maka harus mematuhi peraturan pemerintah PP No.64 Tahun 2000 dan SK No.17/Ka.BAPETEN/IX-1999 tentang Persyaratan Untuk Memperoleh Ijin Bagi Petugas Instalasi Nuklir dan Instalasi Yang Memanfaatkan Radiasi Pengion.
- ❑ Perbedaan dasar pengoperasian : Analisis keselamatan

PERIJINAN

- **Ijin instalasi BAPETEN**
 - Dok. Disain iradiator
 - Dok. Disain fasilitas
 - Dok. LAK
- **Ijin operasi BAPETEN**
 - Dok. Jamu
 - Dok. Spesifikasi Teknis iradiator
 - Dok. Prosedur Operasi
 - Dok. Sistem kendali keselamatan
- **Ijin penggunaan BAPETEN**
 - Dok. Jamu
 - Dok. Prosedur dan protokol penggunaan

AKSELERATOR PSTA-BATAN

- 1. MESIN BERKAS ELEKTRON**
- 2. GENERATOR NEUTRON**
- 3. MESIN IMPLANTASI ION**

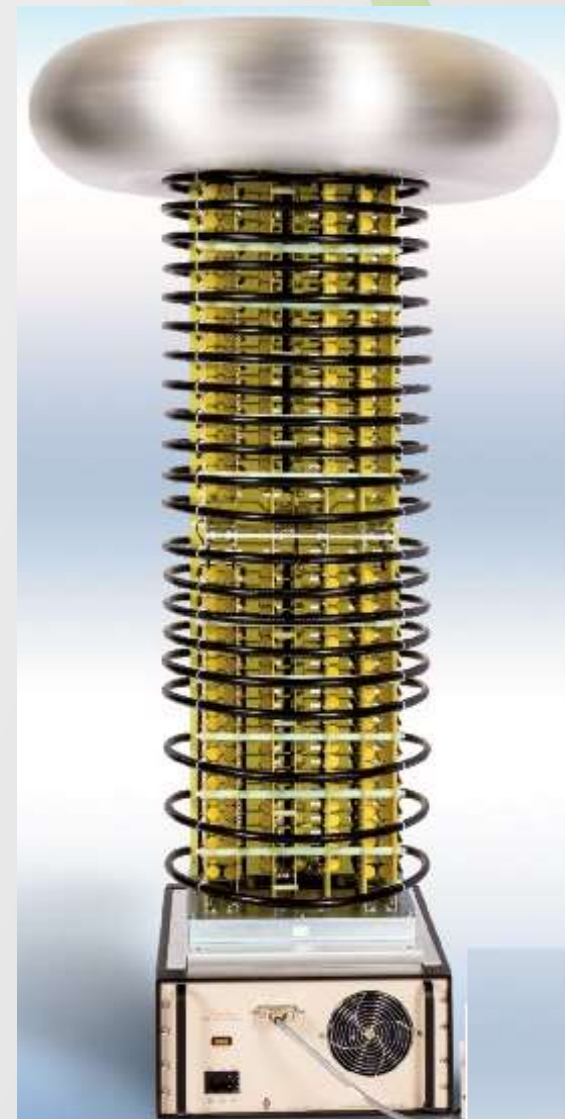
PENGOPERASIAN MBE 350 keV/10 mA

- ❑ Mesin berkas elektron adalah mesin yang digunakan untuk meningkatkan energi kinetik elektron sampai orde ratusan keV kemudian elektron ini digunakan pada teknologi proses iradiasi bahan

Komponen utama mesin berkas elektron

- ❖ Sumber elektron,
- ❖ Sistem pemercepat elektron terdiri dari sumber tegangan tinggi Cockroft Walton 300 kV dan tabung pemercepat,
- ❖ Sistem hampa yang terdiri dari pompa rotari dan turbomolekul,
- ❖ Sistem pemfokus berkas elektron menggunakan solonoida
- ❖ Sistem pemayar berkas elektron menggunakan *scanning magnet*,
- ❖ Sistem jendela (*window*) elektron menggunakan lembaran Ti tipis,
- ❖ Sistem Instrumentasi dan kendali untuk kontrol operasi mesin

PENGOPERASIAN MBE 350 keV/10 mA



KONSOL OPERASI MBE 350 keV/10 mA

OPERASI SISTEM
VAKUM

OPERASI SISTEM
TEGANGAN TINGGI

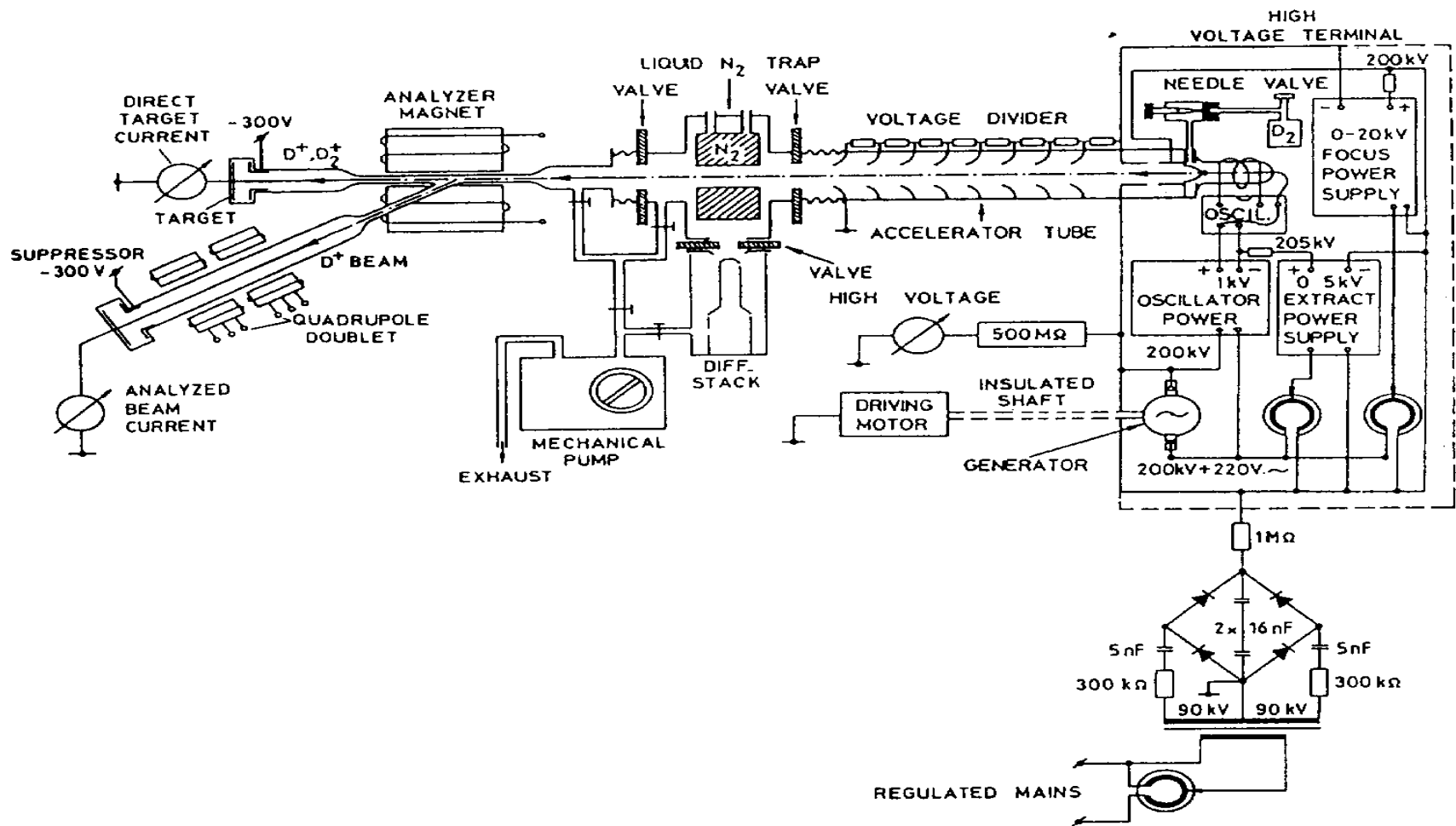


Pengoprasian Generator Neutron

Komponen utama GN

- Sumber ion gas radio frekuensi (RF) 13,6 MHz untuk memproduksi ion deutron,
- Sistem pemercepat ion deutron terdiri dari sumber tegangan tinggi Velocity 150 kV dan tabung pemercepat,
- Sistem hampa yang terdiri dari pompa rotari dan difusi
- Target tritium,
- Sistem instrumentasi dan kendali untuk kontrol operasi mesin.

- **Mesin generator neutron:** mesin untuk memproduksi neutron melalui reaksi fusi nuklir D+T atau D+D.
- Reaksi nuklir ${}^2\text{H}(d,n){}^3\text{He} \rightarrow$ energi neutron 2 - 3 MeV
- Reaksi nuklir ${}^3\text{H}(d,n){}^4\text{He} \rightarrow$ energi neutron 13,4 - 14,7 MeV
- Fluks neutron fungsi energi ion dan arus ion deutron, tampanglintang reaksi nuklir, dan banyaknya atom target. Orde 10^{12} n/cm².s
- Fluks reaksi D+T lebih besar dibanding reaksi D+D



Gambar : Skema Generator Neutron

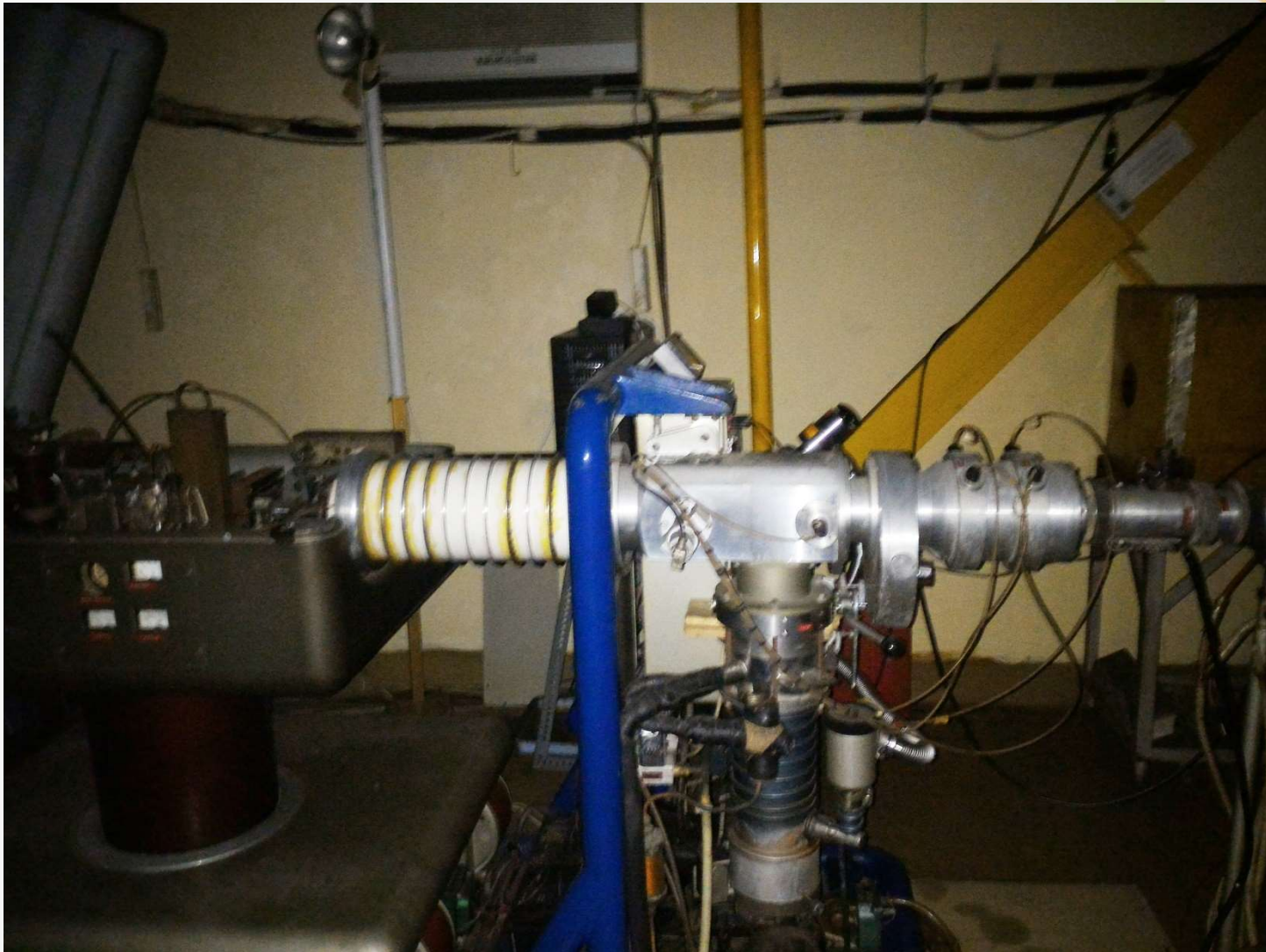


FOTO GENERATOR NEUTRON

GENERATOR NEUTRON



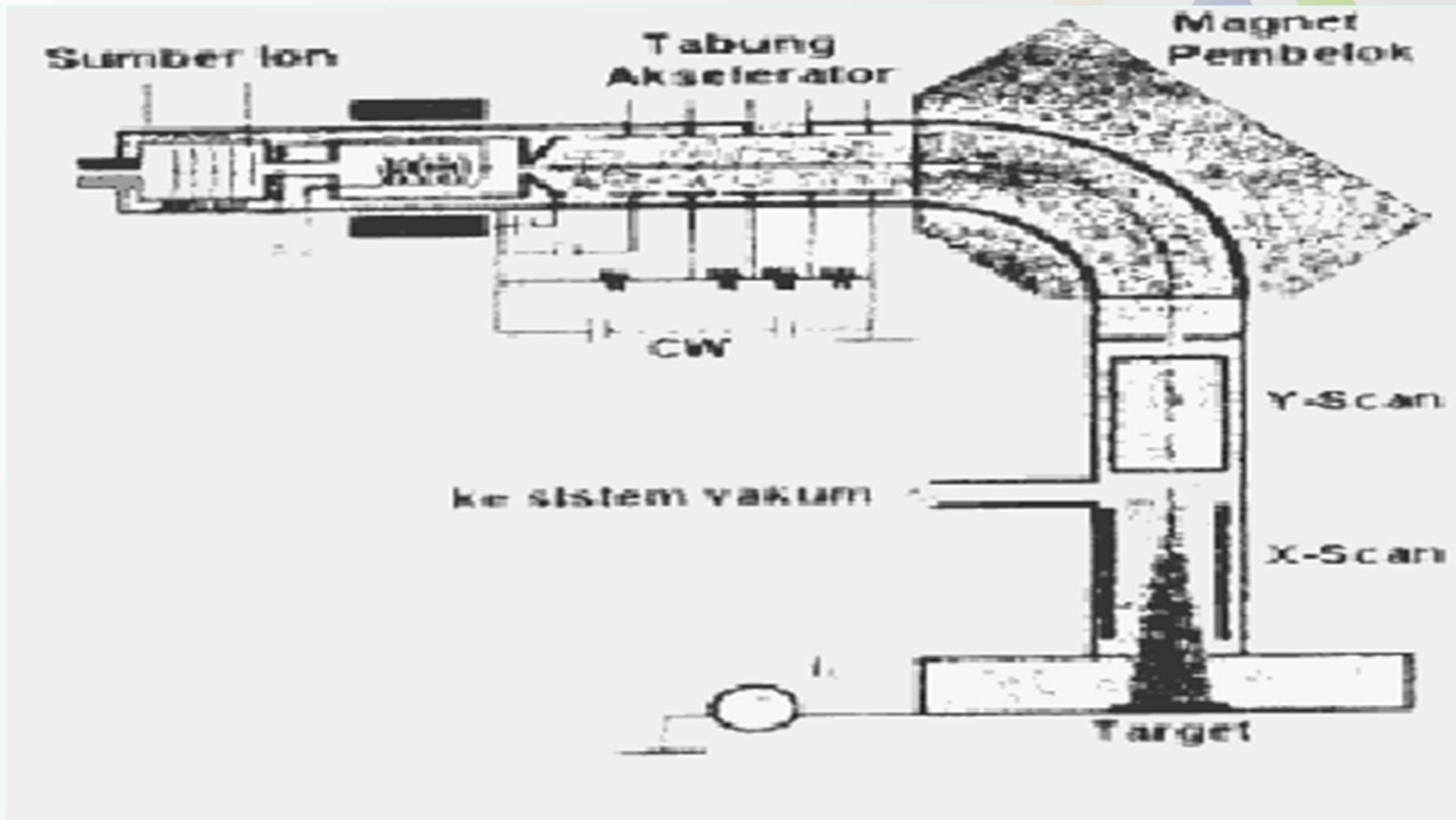
KONSOL KENDALI GENERATOR NEUTRON

Pengoperasian Implantor Ion

- ❑ Implantor ion adalah mesin yang digunakan untuk mengimplantasi unsur ke dalam suatu target dalam rangka merekayasa sifat fisis permukaan target.
- ❑ Unsur yang akan diimplantasi dibentuk ion di dalam sumber ion. Jika unsur berbentuk gas maka sumber ion yang banyak digunakan adalah Sumber Ion Pening, sedangkan jika unsur berbentuk padat maka digunakan sumber ion katoda panas

❑ **Komponen utama implantor ion terdiri dari :**

- Sumber pembentuk ion,
- Sistem pemercepat terdiri dari sumber tegangan tinggi Cockroft Walton 150 kV dan tabung pemercepat,
- Sistem hampa yang terdiri dari pompa rotari dan difusi,
- *Magnet analyser* berfungsi untuk menseleksi jenis ion,
- Pembentuk berkas ion berfungsi agar diameter berkas ion sesuai dengan diameter sampel/target
- Target Chamber berfungsi untuk meletakkan sampel yang akan diimplantasi,
- Sistem instrumentasi dan kendali untuk kontrol operasi mesin.



Gambar : Skema diagram Mesin Implantor ion



FOTO MESIN IMPLANTOR ION

Mesin Berkas Elektron (MBE)

- ❑ Mesin berkas elektron adalah mesin yang digunakan untuk meningkatkan energi kinetik elektron sampai orde ratusan keV kemudian elektron ini digunakan pada teknologi proses iradiasi bahan

POTENSI BAHAYA IRADIATOR AKSELERAROR

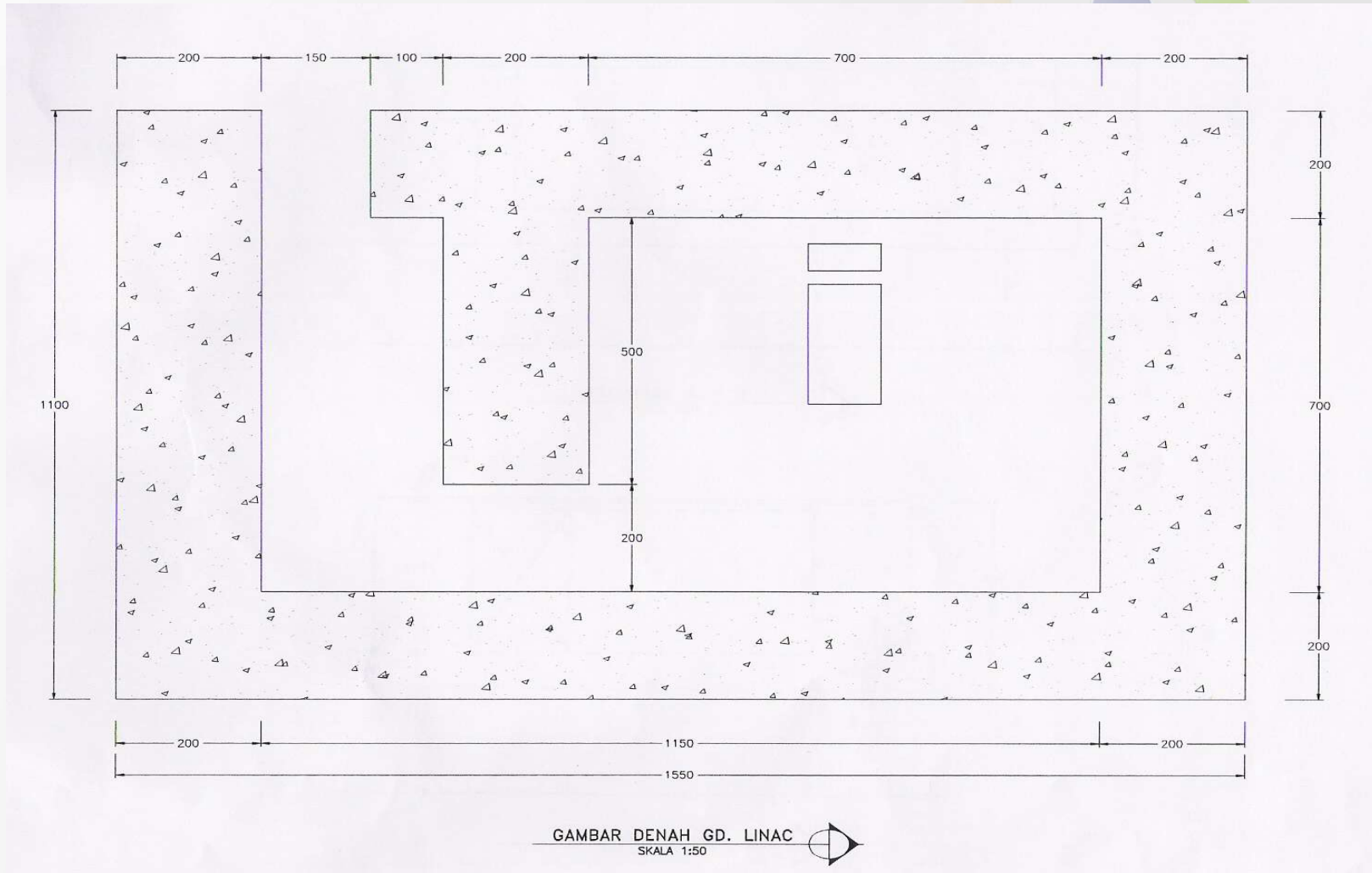
Generator Neutron	Mesin Berkas Elektron	Implantasi Ion
Radiasi neutron	Radiasi sinar X energi tinggi	Radiasi sinar X energi medium
Radiasi gamma	Gas Ozon	Sumber tegangan tinggi
Gas radioaktif Tritium	Sumber tegangan tinggi	
Sumber tegangan tinggi		
Sumber RF		

RUANG DAN TATA LETAK IRADIATOR

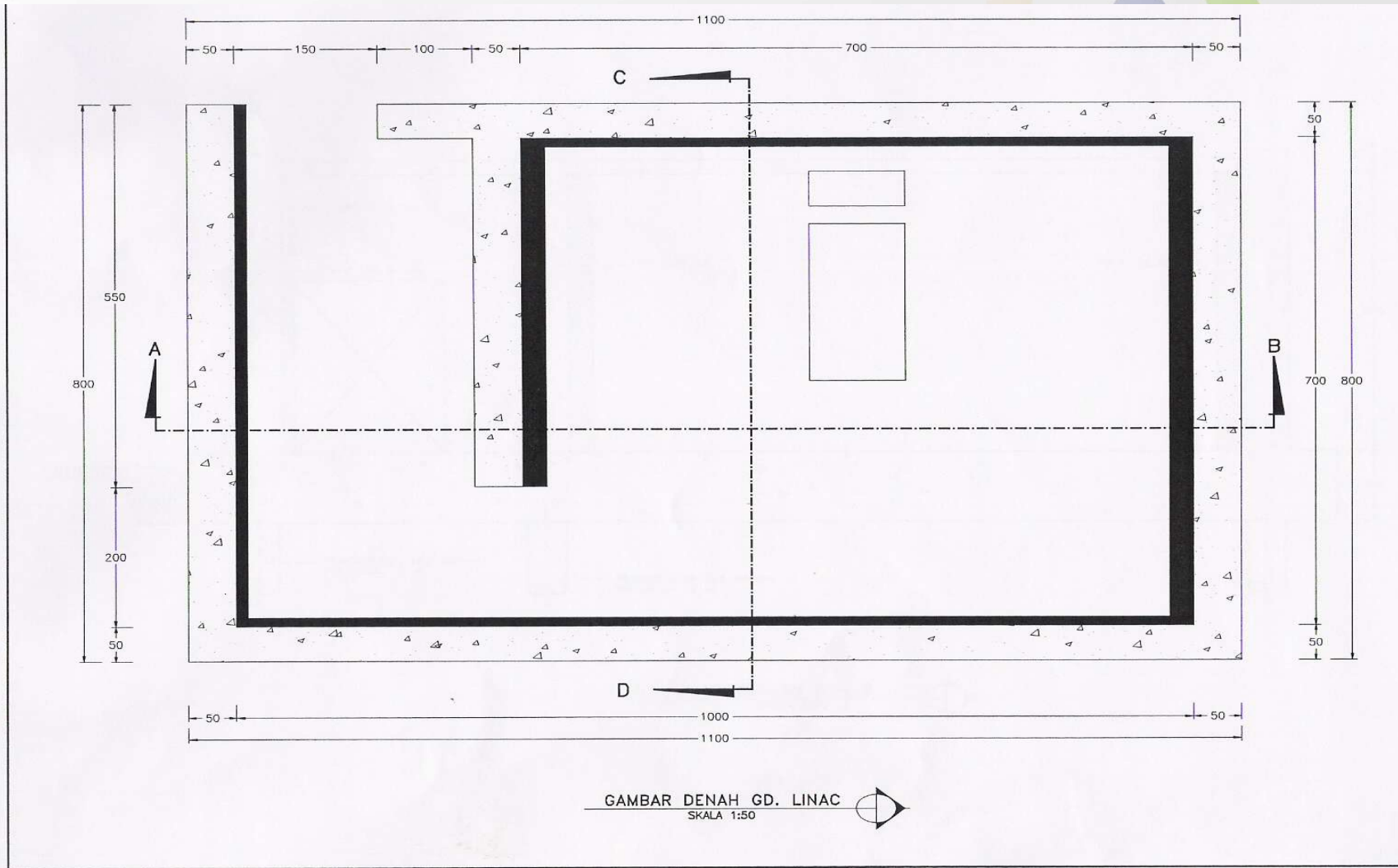
□ PERSYARATAN RUANG IRADIATOR

- Perlu perisai radiasi dan tata letak yang aman.
- Iradiator akselerator merupakan pemancar sumber radiasi nuklir terkontrol maka keberadaannya harus diberi perisai radiasi agar paparan radiasi pada pekerja radiasi tidak boleh melebihi batas maksimum yang diijinkan BAPETEN yaitu 50 mSv/th atau 25 μ Sv/jam(2,5 mrem/jam)

CONTOH RUANG IRADIATOR (BETON)



CONTOH RUANG IRADIATOR (BETON DAN Pb)



RUANG KONTROL IRADIATOR

- Umumnya ruang kontrol terpisah dengan ruang mesin iradiator.
- Khusus untuk MBE self shielding ruang kontrol menjadi satu dengan ruang mesin iradiator
- Operasi iradiator dilakukan pada ruang kontrol dengan mengikuti PJM.

CATATAN OPERASI GENERATOR NEUTRON
(*NEUTRON GENERATOR OPERATION LOG*)

Peralatan :		No. Inventaris :	
Tipe/model :		No. Seri :	
Produser :		Lokasi :	
No.	Parameter	Data	Keterangan
	Tanggal		
	Proyek /kegiatan		
	Pimpinan proyek /Peneliti		
	Operator		
	Arah berkas lurus (langsung)	..... mA	
	Arah berkas setelah Pembelok	..... mA	
	No. Target	Deuterium/Tritium	
	Vakum pompa No. 1	..... 10^{-3} mbar	
	Vakum pompa No. 2	..... 10^{-6} mbar	
	Waktu mulai operasi		
	Waktu durasi operasi		
	Gas sumber ion	(Satuan Relatif)	
	Osilator RF	... V mA	
	Magnet	... V mA	
	Ekstraktor	... V mA	
	Pemfokus	... V mA	
	Tegangan pemercepat (TT)	... kV mA	
	Lensa Quadrupole-1	..... kV	
	Lensa Quadrupole-2	..... kV	
	Arus target	..... mA	
	Arus Diafragma (Slit)	..... mA	
	Pendingin target		
	Pendingin system vakum		
	Tekanan sistem pneumatik		

DAFTAR PEMERIKSAAN (CHECK LIST)
Mesin Berkas Elektron CURRETRON ESR R300-500

Parameter/ Komponen	Nilai batas	Sebelum Operasi	Sesudah Operasi	Ya (x)	Tdk. (x)
Vacuum	$9,0 \cdot 10^{-4}$ Pa	$0,4 \cdot 10^{-4}$ Pa			
Flow water window	Min. 75 l/min	98 l/min			
Flow water beam catcher	Min. 170 l/min	180 l/min			
Flow water TMP	Min. 5 l/min	8,5 l/min			
Flow water DC-PS	Min. 20 l/min	24 l/min			
SF gas pressure DC- PS	1,4 - 2 kg/cm ²	1,6 kg/cm ²			
SF gas pres. HV connect.	1,4 - 2 kg/cm ²	1,7 kg/cm ²			
N2 gas flow	> 50 m ³ /min	>100 m ³ /min			

DAFTAR PEMERIKSAAN (*CHECK LIST*) Mesin Berkas Elektron (MBE) 300 keV/20 mA

HARI/TANGGAL	/...../.....	
OPERATOR		1. 2.	
SUPERVISOR		.....
PETUGAS PROTEKSI RADIASI		.....
No.	Komponen/Parameter	Kondisi v (Normal), x (Tak Normal)	
01.	Catu Daya Tegangan DC		
	a. Tegangan + 5 VDC		
	b. Tegangan +12 VDC		
	c. Tegangan -12 VDC		
	d. Tegangan +24 VDC		
	e. Tegangan -24 VDC		
02.	Indikator Lampu LED		
03.	Indikator Lampu Kedip (Flash Lamp)		
04.	Suara Alarm		
05.	Tombol Reset Alarm		
06.	Tombol Darurat		
07.	Kunci Panel Kendali		
08.	Sistem Vakum		
	a. Kompresor		..... Atm
	b. Komponen Vakum/Tingkat Kevakuman		..... Torr
09.	Sistem Pendingin		
	a. Indikator Chiller		
	b. Indikator Kipas Bejana		
	c. Indikator Blower Window		
	d. Indikator Blower Ozon		
e. Indikator Sinyal Trip Pendingin			
10.	Sistem Optik		
	a. Arus Pemfokus		..... A
	b. Tegangan Pemayar		..... V
	c. Arus Pemayar		.....A
	d. Indikator Sinyal Trip Optik		

11.	Sistem Tegangan Tinggi	
	a. Indikator Tegangan lebih (<i>Over Voltage</i>)	
	b. Indikator Arus Lebih (<i>Over Current</i>)	
	c. Indikator Suhu Oli (<i>Oil Temperature</i>)	
	d. Indikator Tekanan gas SF ₆	..... atm
	e. Indikator Pintu Panel	
	f. Indikator Pintu Irradiasi	
	g. Indikator Posisi Variak Minimal	
	h. Indikator Posisi Variak Maksimal	
	i. Fungsi Switch AUTO/MANUAL	
	j. Fungsi Tombol HV Power	
	k. Fungsi Tombol HV READY	
	l. Fungsi Tombol Naik (<i>UP</i>)	
	m. Fungsi Tombol Turun (<i>DOWN</i>)	
n. Fungsi Tombol RELEASE		
o. Fungsi Tombol RESET		
12.	Sistem Sumber Elektron	
	a. Indikator Posisi Variak Minimal	
	b. Indikator Posisi Variak Maksimal	
	c. Fungsi Switch AUTO/MANUAL	
	d. Fungsi Tombol Naik (<i>UP</i>)	
	e. Fungsi Tombol Turun (<i>DOWN</i>)	
	f. Fungsi Tombol RELEASE	
g. Fungsi Tombol RESET		
13.	Sistem Bejana Irradiasi	
	Fungsi Tombol START/STOP	

CATATAN/KESIMPULAN

OPERATOR	
(.....)	(.....)
PETUGAS PROTEKSI RADIASI	SUPERVISOR
(.....)	(.....)

PEMERIKSAAN PARAMETER OPERASI BERKALA Mesin Berkas Elektron (MBE) 300 keV/20 mA

Hari/Tanggal	Jam	Monitor Parameter	Keterangan
		1. Tingkat kevakuman :	Torr
		2. Teg. Variak Osilator :	V
		3. Tegangan Tinggi :	kV
		4. Arus STT :	mA
		5. Arus Kolom :	mA
		6. Teg. Variak SDF :	V
		7. Arus Berkas :	mA
		1. Tingkat kevakuman :	Torr
		2. Teg. Variak Osilator :	V
		3. Tegangan Tinggi :	kV
		4. Arus STT :	mA
		5. Arus Kolom :	mA
		6. Teg. Variak SDF :	V
		7. Arus Berkas :	mA
		1. Tingkat kevakuman :	Torr
		2. Teg. Variak Osilator :	V
		3. Tegangan Tinggi :	kV
		4. Arus STT :	mA
		5. Arus Kolom :	mA
		6. Teg. Variak SDF :	V
		7. Arus Berkas :	mA
		1. Tingkat kevakuman :	Torr
		2. Teg. Variak Osilator :	V
		3. Tegangan Tinggi :	kV
		4. Arus STT :	mA
		5. Arus Kolom :	mA
		6. Teg. Variak SDF :	V
		7. Arus Berkas :	mA
		1. 1. Tingkat kevakuman :	Torr
		2. Teg. Variak Osilator :	V
		3. Tegangan Tinggi :	kV
		4. Arus STT :	mA
		5. Arus Kolom :	mA
		6. Teg. Variak SDF :	V
		7. Arus Berkas :	mA
		1. Tingkat kevakuman :	Torr
		2. Teg. Variak Osilator :	V
		3. Tegangan Tinggi :	kV
		4. Arus STT :	mA
		5. Arus Kolom :	mA
		6. Teg. Variak SDF :	V
		7. Arus Berkas :	mA

TERIMA KASIH ATAS PERHATIANNYA