

RANCANGAN PERISAI RADIASI PESAWAT SINAR-X TIPE DIAGNOSTIK

Sri Mulyono Atmojo, Tri Harjanto
Pusat Perangkat Nuklir dan Rekayasa

ABSTRAK

RANCANGAN PERISAI RADIASI PESAWAT SINAR-X TIPE DIAGNOSTIK .Dalam rangka persiapan pembuatan pesawat sinar-x (tipe diagnostik, 60kV, 40 mA, waktu penyinaran 0,06 - 6 detik, 3,3 kW) dan perlengkapannya maka dibuat rancangan tata ruang dan perisai radiasi. Rancangan tebal dinding didasarkan pada asumsi beban kerja 25 orang perhari x 1 shoot perorang x 0,25 menit/shoot x 6 hari/minggu = 37,5 menit/minggu. Selanjutnya tebal dinding dihitung dan diperoleh untuk perisai skunder dapat ditahan dengan tembok bata merah tebal 10 cm + plester 3 cm x 2 sisi sehingga total 16 cm, atau beton dengan tebal 12 cm selanjutnya tebal dinding skunder diambil sama dengan dinding primer. Sekat operator dan pasien antri di buat dari dinding lapis Pb tebal 1,2 mm.

ABSTRACT

DESIGN OF RADIATION SHIELDING FOR X-RAY DIAGNOSTIC TYPE. The design of the radiation shielding of x-ray diagnostic 60 kV, 40 mA, 0,06-6 second time exposure, 3,3 kW, has be done. The design involved the building, lay out and the wall thickness. Twenty five people per day is a prediction reference, which is equivalent to the 37,5 minute / week exposure. The calculation shows that the concrete is made of the red-block 10 cm plus 6 cm in thickness or 12 cm concrete can be used for this system. The operator and patient partition is made of lead plate with the thickness 1,2 mm.

PENDAHULUAN

Diperkirakan bahwa sepertiga sampai setengah dari keputusan medik penentu tergantung pada diagnosis sinar-x dan untuk beberapa penyakit tertentu, diagnosis awal sepenuhnya tergantung pada pemeriksaan sinar-x⁽¹⁾. Dalam penggunaan pesawat sinar-x harus memperhatikan perlindungan bagi pasien, operator dan masyarakat lingkungan terhadap bahaya radiasi. Pemakaian sumber radiasi di rumah sakit dan tempat praktek telah mendapat perhatian khusus dari beberapa organisasi dunia seperti ILO, IAEA, dan WHO. Di Indonesia, pengawasannya dibebankan kepada Batan dan dituangkan dalam SK Dirjen no. 96/DJ/15/VII/1980 untuk menyusun pedoman proteksi radiasi di rumah sakit dan tempat praktek lainnya.

Berdasarkan pada pedoman tersebut, maka pada rancangan instalasi pesawat sinar-X tipe diagnostik akan dibuat oleh PPNR dilengkapi dengan sistem proteksi radiasi, baik bagi pasien, operator maupun bagi masyarakat disekitarnya. Perlindungan untuk masyarakat umum dan pegawai yang bekerja disekitar gedung instalasi pesawat sinar-x dilakukan terutama dengan membuat sistem tata letak dan struktur gedung.

Untukantisipasi hal tersebut maka perlu rancangan sistem proteksi radiasi terutama tebal dinding, perlengkapan proteksi dan prosedur operasional. Selain itu beberapa perlengkapan proteksi radiasi seperti celemek proteksi radiasi (apron), kaca penahan radiasi (kaca timbal) serta sarung tangan proteksi radiasi merupakan perlengkapan yang harus ada pada instalasi pesawat sinar-x.

POKOK PERMASALAHAN

Pada semua instalasi pesawat sinar-x harus diperhatikan sistem proteksi radiasi baik bagi pasien, operator maupun masyarakat umum. Hal tersebut untuk menjaga agar paparan radiasi yang diterima menjadi sekecil-kecilnya⁽¹⁾. Dalam rangka melengkapi rencana pembuatan pesawat sinar-x tipe diagnostik oleh PPNR, maka dibuat rancangan tata letak ruang serta sistem proteksi radiasi agar diperoleh sistem yang efisien, murah dan memenuhi syarat proteksi radiasi. Oleh karena itu permasalahan pada sistem proteksi ini menentukan

tebal dinding yang optimum dan bahan-bahan alternatif seperti plat timbal, beton atau tembok bata merah dan plester.

RANCANGAN YANG DILAKUKAN

Menentukan tebal tembok atau beton atau plat timbal yang harus dipasang berdasarkan radiasi maksimum yang diijinkan sesuai SK Dirjen Batan No. PN.03/160/DJ/89. Sedangkan apron dan kaca pengintai dipilih dari ketentuan menurut standar JIS. Menurut SK Dirjen tersebut keselamatan kerja terhadap radiasi secara umum ditentukan sebagai berikut :

- Untuk menghindari efek non stokastik ditetapkan nilai batas dosis 0,5 Sv (50 rem) untuk semua jaringan kecuali lensa mata 0,15 Sv (15 rem) Batas ini berlaku, baik penyinaran tunggal pada jaringan tubuh atau bersama dengan organ lain.
- Untuk membatasi efek stokastik ditetapkan nilai batas dosis ekuivalen efektif untuk penyinaran seluruh tubuh adalah 50 mSv (5 rem) dalam satu tahun.

Besarnya radiasi pada instalasi pesawat sinar-x dipengaruhi oleh faktor-faktor: (Ref. 2)

- Tegangan tabung maksimum atau energi radiasi (kV, eV).
- Arus tabung atau intensitas radiasi (mA)
- Beban pesawat (W) dinyatakan dalam mA. menit/minggu.
- Faktor manfaat (U) yang merupakan fraksi beban kerja kearah mana sinar guna⁽²⁾ ditujukan.
- Faktor penghunian ruangan (T) disekitar ruang penyinaran merupakan faktor koreksi.

Spesifikasi pesawat sinar-x adalah:

- Daya = 3,3 kW
- kV nominal = 60 kV
- Arus = 40 mA
- Waktu penyinaran = 0,06- 6 dt

Metoda Perhitungan

Pertama ditentukan tata letak ruangan yang akan digunakan sebagai ruang pesawat sinar-x. Untuk menentukan tebal tembok ruangan akibat radiasi langsung (primer), harga K dihitung terlebih dahulu sesuai rumus berikut:

$$K = \frac{Pxd^2 R m^2}{W.U.T \text{ mA} - \text{menit}} \quad (1)$$

dengan:

P = Dosis radiasi yang diijinkan dalam 1 minggu (NBDM = 0,01 R/minggu).

T = faktor hunian ruangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

W = beban kerja (mA-menit/minggu) pada jarak 1 m.

d = jarak tabung ke dinding = 2 m.

U = faktor beban kerja kearah mana sinar ditembakkan,

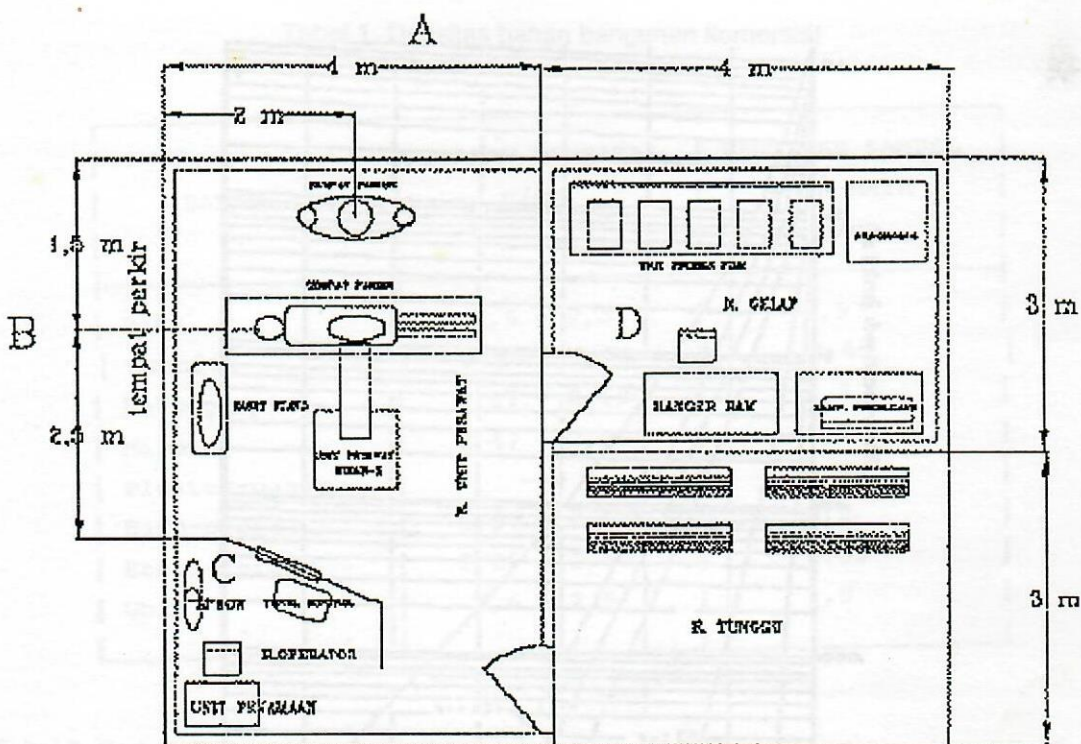
Beban kerja perminggu diestimasi 25 orang perhari x 1 shoot perorang x 0,25 menit/shoot x 6 hari/minggu = 37,5 menit/minggu. Beban pesawat (W) = 37,5 menit/minggu x 40 mA

Jadi W = 1500 (mA-menit)/minggu.

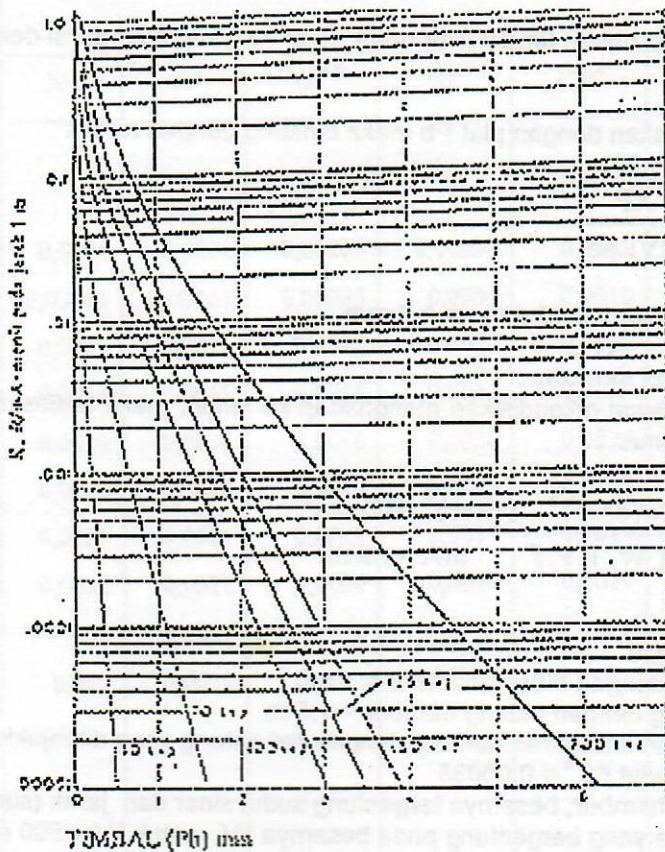
Sehingga K = 0,0001066 Rm²/mA -menit

Dari grafik hubungan K dengan tebal beton seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3, diperoleh tebal beton 4 inchi atau setebal 10 cm. Dinding bangunan terbuat dari bata merah tebal 10 cm dan plesteran tebal 6 cm maka disetarakan dengan tebal beton yaitu:

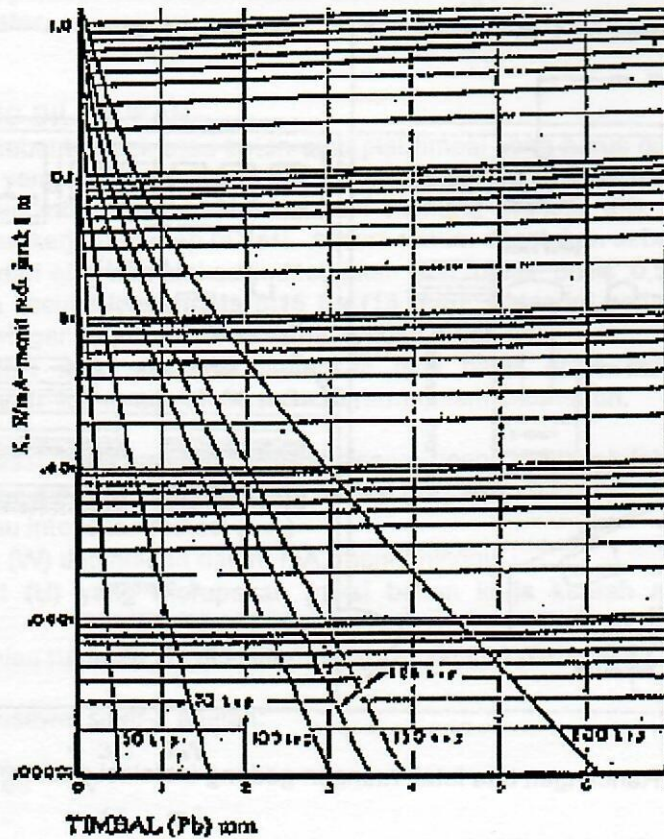
$\Sigma (\rho \times t)$ dinding = $(\rho \times t)$ beton ρ plester = 1,54, ρ bata = 1,9 sehingga $(1,54 \times 6)$ plester x $(1,9 \times 10)$ bata = $(2,35 \times t)$ beton, t beton = 12 cm. Jadi tebal dinding bata merah dan plester tebal 16 cm setara tebal beton 12 cm, sehingga pada instalasi ini cukup ditahan dengan dinding tembok.



Gambar 1. Rancangan tata letak ruangan gedung instalasi pesawat sinar - x



Gambar 2. Atenuasi dalam beton untuk sinar X yang diproduksi dengan potenssial 50 sampai 400 kV



Gambar 3. Atenuasi dalam timbal (Pb) untuk sinar - X yang diproduksi dengan 50 sampai 200 kV.

Jika di setarakan dengan plat Pb maka dihitung dengan rumus

$$\frac{X_{bt}}{HVL_{bt}} = \frac{XP}{HVL_{pb}}$$

Ref .2

$$X_{pb} = (10 \text{ cm} / 0,84 \text{ cm}) \times 0,17 \text{ mm} = 1,2 \text{ mm}$$

Perhitungan perisai sekunder:

Pertama pesawat dikondisikan menghadap ke lantai, maka radiasi hambur dinding E A dihitung dengan rumus :

$$K = \frac{P \times (dsca)^2 \cdot (dsec)^2 \cdot 400 \text{ cm}^2}{a \cdot W \cdot T \cdot F \cdot f \quad \text{mA - menit}} \quad (2)$$

dengan:

P = 0,01 R/minggu

dsca = jarak fokus dengan bidang hambur = 1 m

dsec = jarak dinding dengan bidang hambur = 1,5 m

a = perbandingan antara rad.hambur dengan rad.datang yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2, untuk sudut 60° = 0,00035

F = luas bidang hambur, besarnya tergantung sudut sinar dan jarak (sudut sinar)

f = suatu harga yang bergantung pada besarnya kV, untuk kV < 500 maka f = 1.

W = 1500 (mA-menit)/minggu,

Tabel 1. Densitas bahan bangunan komersial

BAHAN	KISARAN DENSITAS	DENSITAS SAMPEL
	g/cm	RATA-RATA g/cm
Bata	1,6 - 2,5	1,9
Granit	2,60 - 2,70	2,63
Batu-gamping	1,87 - 2,69	2,3
Marmer	2,47 - 2,86	2,7
Plester-pasir	---	1,54
Baru-pasir	1,90 - 2,69	2,2
Beton-kersik	2,25 - 2,40	2,35
Ubin	1,6 - 2,5	1,9

Tabel 2. Perbandingan antara radiasi hamburan terhadap radiasi yang datang (dari NRCP 49)

SUMBER	SUDUT HAMBURAN (DARI SINAR PUSAT)					
	30°	45°	60°	90°	130°	135°
<u>Sinar-X</u>						
50 kV	0,0005	0,0002	0,00025	0,00035	0,0008	0,0010
70 kV	0,00065	0,00065	0,00035	0,0005	0,0010	0,0013
100 kV	0,0015	0,0012	0,0012	0,0013	0,0020	0,0022
125 kV	0,0018	0,0015	0,0015	0,0015	0,0023	0,0023
150 kV	0,0020	0,0016	0,0016	0,0016	0,0024	0,0026
200 kV	0,0020	0,0020	0,0019	0,0019	0,0027	0,0028
250 kV	0,0023	0,0021	0,0019	0,0019	0,0027	0,0028
500 kV	0,0026	0,0022	0,0020	0,0020	0,0019	0,0028
4 MV	-	0,0027	-	-	-	-
6 MV	0,007	0,0018	0,0011	0,0006	-	0,0004
<u>Sinar-γ</u>						
Cs ¹³⁷	0,0065	0,0050	0,0011	0,0025	-	0,0019
Co ⁶⁰	0,0050	0,0036	0,0023	0,0009	-	0,0006

Untuk tabung dengan keluaran sinar 60° , maka luas bidang hambur pada jarak 1 m adalah

$$F = \Pi \cdot (2.D \tan 30^\circ)^2 = 1333 \text{ cm}^2.$$

Jadi $K = 0,0129 \text{ Rm}^2/\text{mA}\cdot\text{menit}$

Dari tabel diperoleh tebal beton $X_b = 1/2'' = 1,2 \text{ cm}$ atau = 0,2 mm tebal plat Pb.
 Radiasi bocor dinding A dihitung dengan rumus berikut :

$$Blk = \frac{P \times d^2 \times 60 \times l}{W \cdot T} \quad (3)$$

$P = 0,01 \text{ R/minggu}$, $l = 40 \text{ mA}$, $d = 1,5 \text{ m}$
 $W = 1500 \text{ (mA}\cdot\text{menit)/minggu}$,
 $Blk = 0,036 \text{ Rm}^2/\text{mA}\cdot\text{menit}$
 Tebal dinding $A = 1'' \text{ beton} = 2,5 \text{ cm}$ atau 0,2 mm Pb

Selanjutnya perisai radiasi bocor dihitung dari rumus

$$Blx = (0,5)^{X_b/HVT} \quad (4)$$

HVT dicari dari Tabel 3 dan 4 diperoleh = 0,84 cm

Tabel 3. Faktor penghunian

Pemakaian penuh $T = 1$	Ruang kontrol, bangsal, ruang kerja, ruang gelap, koridor yang cukup luas, untuk menyimpan meja (bangku), ruang tunggu, ruang istirahat yang digunakan oleh personal yang karena pekerjaannya terinsani, ruang bermain anak-anak, tempat tinggal, ruang yang dihuni yang berdekatan dengan bangunan.
Pemakaian bagian $T = 1/4$	Koridor terlalu sempit untuk menyimpan meja atau bangku, ruang serbaguna, ruang istirahat yang tidak digunakan dengan rutin oleh personal yang pekerjaannya terinsani, elevator yang menggunakan operator, dan tempat parkir yang tak terkontrol.
Pemakaian kadangkala $T = 1/16$	Tangga, elevator otomatis, daerah luar yang hanya digunakan oleh pejalan kaki atau lalu lintas wahana (kendaraan), kamar kecil yang terlalu sempit untuk perabotan, ruang kerja, toilet yang tidak digunakan utlis oleh personal yang karena pekerjaannya terkena penyinaran.

Tabel 4. Lapisan setengah nilai dan sepersepuluh nilai (HVT dan TVT)

TEGANGAN FUNGSI (kV)	BASIS BERTONDI					
	TIDAKAL (cm)		NETON (cm)		BESI (cm)	
	HVT	TVT	HVT	TVT	HVT	TVT
50	0,06	0,17	0,43	1,50	-	-
70	0,17	0,52	0,84	2,00	-	-
100	0,27	0,88	1,60	5,30	-	-
125	0,38	0,93	2,00	6,60	-	-
150	0,30	0,90	2,24	7,40	-	-
200	0,52	1,7	2,50	8,40	-	-
250	0,08	2,9	2,80	9,40	-	-
300	1,47	4,8	3,10	10,40	-	-
400	2,50	8,3	3,30	10,90	-	-
500	3,60	11,9	3,60	11,70	-	-
1.000	7,90	26	4,40	14,70	-	-
2.000	12,50	42	6,40	21,00	-	-
3.000	14,50	48,5	7,40	24,50	-	-
4.000	16,90	53	8,00	29,20	2,70	9,10
6.000	16,90	56	10,40	34,50	3,00	9,90
8.000	16,90	56	11,40	37,80	3,10	10,30
10.000	26,60	55,00	11,90	39,60	3,20	10,50
Cesium-137	6,50	21,00	4,80	15,70	1,60	5,30
Kobalt-60	12,00	40,00	6,20	20,60	2,10	6,90
Radium	16,60	55,00	8,90	21,40	2,20	7,40

Jadi $X_b = (\log 0,36/\log 0,5) \times 0,84 = 1,2$ cm beton, atau = 0,25 mm Pb. X_h atau X_b dipilih yang besar. Sehingga perisai skunder = $(X_h$ atau $X_b + HWT) = 1,5$ cm + 0,84 cm = 2,34 cm beton, atau = 0,54 mm Pb. Dengan rumus yang sama di hitung perisai hambur dinding C, dinding D dan perisai saat pesawat menghadap ke dinding B, serta perisai hambur dinding A,C,D.

Hasilnya adalah sebagai berikut:

DINDING	tebal beton minimal	plat Pb	bata merah dan plester
TEBAL	10 cm	1,2 mm	16 cm

KESIMPULAN

Dinding dari bata merah tebal 10 cm dengan plester tebal 3 cm 2 sisi atau beton tebal 10 cm atau plat Pb 1,2 mm memenuhi syarat sebagai proteksi radiasi, baik radiasi primer maupun radiasi skunder untuk pesawat sinar-x dengan spesifikasi 60 kV, 40 mA dan daya 3,3 kW serta beban kerja seperti yang telah diestimasikan. Perlengkapan lain adalah apron dari bahan karet timbal setara dengan daya serap plat Pb 0,35 mm dan kaca pengintai dipilih gelas timbal dengan daya derap setara minimal ekivalen dengan 3,5 mm plat Pb.

DAFTAR PUSTAKA

1. SOEKOTJO JOEDOATMODJO Dkk, "Pedoman Proteksi Radiasi di Rumah Sakit dan Tempat Praktek umum Lainnya, Badan Tenaga Atom Nasioanl, Jakarta, Indonesia. 1985.
2. DRA. HENDARIYAH SUNTONO, " Dasar Proteksi Radiasi", Diklat Proteksi Radiasi, Pusdiklat Batan, 1994.
3. DR. KUNTO WIHARTO DKK, "Penggunaan Sumber Radiasi Dalam Kesehatan", Diklat
4. Proteksi Radiasi 1994
5. JIS R 3701, Lead Glass for X-Ray Protection, Japan, 1987
6. JIS Z 4801, Lead Rubber Sheets and Lead Polyvinyl Chloride Sheets for X-ray Shield, Japan, 1991