

## DISAIN RUANGAN PESAWAT SINAR-X KAPASITAS 125 Kv DAN 200 mA RUMAH SAKIT SITI AMINAH BUMI AYU JAWA TENGAH

**Agustiar**

Pusat Kemitraan Teknologi Nuklir- BATAN  
Kawasan Puspptek Serpong Gedung 90, 15314  
Telp (021) 7560575, 7560567, Fax (021) 7560895

### ABSTRAK

*Ruangan pesawat sinar-X Rumah Sakit Siti Aminah Bumi Ayu Jawa Tengah yang dilakukan disain ini dengan kapasitas 125 kV dan 200 mA, sebagaimana kita ketahui bahwa sinar-X dapat mengeluarkan radiasi pada waktu pengoperasiannya. Untuk menjaga agar paparan radiasi yang dihasilkan oleh sinar-X tidak membahayakan baik bagi pekerja radiasi maupun non-pekerja radiasi (masyarakat umum), maka perlu dilakukan perhitungan sesuai dengan standar, prosedur yang berlaku dan prinsip proteksi radiasi yaitu jarak, waktu dan shielding/pelindung. Diharapkan hasil disain pelindung/shielding ini mampu menahan paparan radiasi akibat pengoperasian pesawat sinar-X, dengan batas maksimum yang diizinkan baik bagi pekerja radiasi maupun non-pekerja radiasi. Dinding ruangan yang dirancang terbuat dari concrete dan timah hitam (Pb).*

*Kata kunci : Disain Ruangan sinar-X*

### ABSTRACT

*The room of the X-rays equipment for Siti Aminah Hospital Bumi Ayu Central Java has been designed to achieve 125 kV and 200 mA capacity, so as to provide radiation properly during operation. In order to achieve safe radiation exposure to the operator and patient, analysis and calculation are needed regarding time exposure, distance and shield width as required by radiation standard, procedure and principle. The result of calculation are expected to give exact maximum doses both for operator and patients. The shielding of the room, consist of concrete and Pb.*

*Keyword: Design of the room of the X-rays*

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sejalan dengan perkembangan baik nasional maupun internasional /globalisasi dalam bidang industri dan kesehatan. Pemanfaatan teknologi nuklir tidak kalah penting bersaing dibandingkan dengan teknologi lain, terutama dalam bidang kesehatan yaitu pemanfaatan pesawat sinar-X dalam bidang kesehatan yang digunakan untuk terapi dan diagnosa penyakit kanker, paru-paru, tulang dan lainnya. Pesawat sinar-X banyak digunakan di rumah-rumah sakit, dan penempatannya harus memenuhi

persyaratan sesuai dengan kapasitas yang diperlukan.

Salah satu rumah sakit di Indonesia yang memakai sinar-X adalah Rumah Sakit Siti Aminah, Bumi Ayu, Jawa Tengah. Sinar-X yang digunakan berkapasitas 125 kV dan 200 mA. Dalam pelaksanaan pengoperasian sinar-X tersebut dibutuhkan ruangan sehingga dapat menjamin keselamatan dan keamanan baik bagi pekerja maupun non-pekerja radiasi ( masyarakat umum). Dalam pelaksanaan pengoperasian pesawat sinar-X faktor keselamatan kerja harus selalu diutamakan, disamping kualitas dan kuantitas yang dihasilkan.

Radioaktif selalu memancarkan gelombang radiasi yang dapat menimbulkan ionisasi secara terus menerus dan mempunyai efek yang merugikan bagi pekerja radiasi maupun masyarakat umum lainnya, jika penanganannya tidak diperhatikan dengan baik. Oleh karena itu penanganan zat radioaktif harus dilaksanakan mulai dari pengangkutan, pengoperasian dan penyimpanannya, sehingga efek negatif yang ditimbulkan dapat ditekan seminimal mungkin.

Mengingat bahwa radiasi tidak dapat dilihat dan dirasakan oleh pancaindera manusia dan diketahui keberadaannya hanya dengan memakai detektor yang sesuai, maka penggunaan sumber radioaktif harus melibatkan sistem proteksi radiasi untuk keselamatan pekerjaannya maupun masyarakat umum yang berada disekitarnya.

Prinsip dasar proteksi radiasi adalah untuk menjamin bahwa dosis yang diterima oleh manusia serendah mungkin (As Low As Practible). Proteksi radiasi tujuannya agar dalam penggunaan radiasi dapat memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya dengan resiko yang sekecil-kecilnya, yaitu dengan mencegah terjadinya efek non stokastik dan memperkecil peluang timbulnya efek stokastik hingga ketinggian yang dapat diterima oleh masyarakat sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang nuklir.

Agar pelaksanaan pengoperasian pesawat sinar-X yang digunakan di Rumah Sakit Siti Aminah, Bumi Ayu, Jawa Tengah sesuai dengan ketentuan dari Badan International IAEA dan BAPATEN, yaitu Undang-undang tentang ketenagaan nuklir. Perlu dilakukan perhitungan terhadap tebal pelindung/shielding ruangan pesawat sinar-X yang digunakan dengan kapasitas 125 kV dan 200 mA.

## 2. TEORI

Prinsip-prinsip utama proteksi radiasi adalah:

- Waktu, diusahakan dalam bekerja dengan sumber radioaktif memanfaatkan waktu sesingkat mungkin
- Jarak, bila bekerja dengan zat radioaktif agar diusahakan jarak antara pekerja dengan sumber sejauh mungkin, sebab semakin jauh dari sumber radiasi semakin berkurang dosis radiasi yang diterima sesuai dengan rumus kuadrat jarak.
- Pelindung, gunakan pelindung untuk mengurangi laju paparan radiasi, sehingga diperoleh laju dosis sekecil mungkin. Pelindung yang baik memiliki density yang tinggi, seperti, timah hitam (pb), besi, concrete dan aluminium.

### 2. a. Tebal pelindung primer

Untuk menghitung tebal pelindung primer terhadap sinar - X, terlebih dahulu dihitung faktor transmisi (Kuk) dengan rumus 1 ( Ref.1. hal 52)

$$Kuk = \frac{P(dpr)^2}{WU} \quad (1)$$

Dimana:

$Kuk$  = faktor transmisi primer yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan rumus (1).

$P$  = Nilai paparan mingguan yang diizinkan, diperoleh dengan menggunakan ref. 1 hal 63, appendic. C, yaitu :

$P = 0.1$  mR/minggu Untuk pekerja radiasi ( control area),  
 $= 0.01$  mR/ minggu untuk bukan pekerja radiasi ( Non-control area)

$dpr$  = Jarak sumber ke dinding primer ( m ).

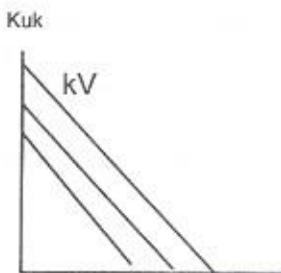
$W$  = Faktor beban kerja ( mA-Menit/Minggu).

$U$  = Faktor pelindung primer untuk lokasi lantai, dinding dan atap pada instalasi radiografi dan instalasi terapi (  $U$  = didapat dengan menggunakan Tabel 1).

$T$  = Faktor hunian/tempat, seperti untuk lokasi kantor, laboratorium, toko tempat tinggal dan sebagainya

seperti terlihat pada tabel 2. ( T = di dapat dengan menggunakan tabel. 2 ).

Dari hasil Kuk yang diperoleh , dengan menggunakan (Ref.1 appendic.d fig. 2 halaman 92 untuk lead/aluminium dan fig.3 halaman 93 untuk concrete dengan kapasitas sinar-X 125 kV) diperoleh tebal pelindung primer.



Tebal Bahan pelindung

Gambar 1. Grafik antara Kuk dengan Kv dan tebal material

Tabel 1. Faktor pelindung primer (U)

LOKASI	INSTALASI RADIOGRAFI	INSTALASI TERAPI
Lantai	1	1
Dinding	0.25	0.25
Atap	-b	-c

Catatan:

Tabel 1, digunakan untuk menentukan lokasi dari pada pelindung primer yang digunakan, seperti pada lantai, dinding dan atap

Tabel 2. Nilai tempat untuk berbagai lokasi hunian (T)

Nilai T	Lokasi
1	Area kerja seperti: kantor, laboratorium, toko, bangsal, ruangan perawat, ruangan tempat tinggal, area bermain anak, ruangan ditempati dekat gedung
0.25	Koridor, ruang istirahat, lift yang menggunakan operator, tempat parkir yang tidak digunakan.
0.025	Ruangan tunggu, toilet, area yang hanya digunakan untuk perjalanan kaki atau

	lalu lintas kendaraan, lift yang tidak digunakan
--	--

Catatan:

Tabel 2, digunakan untuk menentuka lokasi hunian/tempat pelaksanaan pengoperasian pesawat sinar-X

## 2.b.Tebal pelindung skunder

### 2.b.1.Tebal Pelindung Terhadap Kebocoran Radiasi

Untuk menghitung tebal pelindung skunder terhadap kebocoran radiasi, terlebih dahulu dihitung faktor transmissi ( Blk), dengan menggunakan rumus 2 (Ref.1 hal. 56)

$$Blk = \frac{P(dsk)^2 60.I}{W.T} \quad (2)$$

dimana :

Blk = Faktor transmissi terhadap kebocoran radiasi yang diperoleh dari perhitungan rumus 2,

P = Nilai paparan mingguan yang diizinkan, diperoleh dengan menggunakan ref. 1 hal 63, appendic. c, yaitu, :

P = 0.1 mR/minggu Untuk pekerja radiasi (control area),  
= 0.01 mR/ minggu untuk bukan pekerja radiasi (Non control area),

dsk = Jarak dari sumber ke dinding skunder ( m ).

W = Beban kerja pesawat sinar-X dalam (mA-Menit/Minggu),

U = Faktor pelindung skunder untuk lokasi lantai, dinding dan atap,

U = 1 untuk pelindung skunder (Ref 1 hal 64),

T = Faktor hunian/tempat, seperti untuk lokasi kantor, laboratorium, toko tempat tinggal dan sebagainya seperti terlihat pada tabel 2. ( T = di dapat dengan menggunakan tabel. 2 ).

I = Arus/Ampere (mA).

Dari hasil faktor transmissi (Blk) yang diperoleh, dengan menggunakan (Ref.1 fig.B-3 hal. 57), hubungan antara HVL dan Blk diperoleh HVL, tebal pelindung diperoleh dengan rumus 3, (

Ref.1 hal. 56)

$$SL = n(HVL) \quad (3)$$

dimana :

SL= Tebal pelindung terhadap kebocoran radiasi

HVL = Half Value Layers

n = Jumlah HVL

Tabel 3. HVL

(kV)	Attenuasi Material			
	Lead		Concrete	
	HVL	TVL	HVL	TVL
50	0.06	0.17	0.43	1.5
70	0.17	0.52	0.84	2.8
100	0.27	0.88	1.6	5.3
125	0.28	0.93	2.0	6.6
150	0.30	0.99	2.24	7.4
200	0.52	1.7	2.5	8.4

Catatan:

Tabel 3, digunakan untuk mencari nilai HVL atau TVL sesuai dengan material dan kV

### 2.b.2.Tebal pelindung terhadap radiasi hambur

Untuk menghitung tebal pelindung sekunder terhadap radiasi hamburan, terlebih dahulu diperhitungkan faktor transmissi (Klk) rumus 4 (Ref. 1 hal. 58)

$$Klk = \frac{P(dsk)^2(dh)^2 400}{aWTF} \quad (4)$$

dimana :

Klk = Nilai faktor transmissi

P = Nilai paparan mingguan yang diizinkan, diperoleh dengan menggunakan (Ref. 1 hal 63, appendic. c), yaitu :

= 0.1 mR/minggu Untuk pekerja radiasi (control area)

= 0.01 mR/ minggu untuk bukan pekerja radiasi (Non control area)

dsk = Jarak dari sumber ke dinding/pelindung ( m )

dh = Jarak sumber penghambur ke

dinding/pelindung ( m )

a = Sudut akibat hamburan radiasi, diperoleh dari tabel 4 dengan sudut ditentukan

W = Beban kerja pesawat ( mA-menit/minggu)

U = Faktor pelindung sekunder untuk lokasi lantai, dinding dan atap, U = 1 untuk pelindung sekunder (Ref 1 hal 64)

T = Faktor hunian/tempat, seperti untuk lokasi kantor, laboratorium, toko tempat tinggal dan sebagainya seperti terlihat pada tabel 2. ( T = 1 dapat dengan menggunakan tabel. 2 )

F = Luas permukaan yang kena radiasi (m<sup>2</sup>)

## 3. DISKRIPSI

### 3.a. Data Ruangan

Kapasitas pesawat sinar-x 125 kV dan 200 mA

Luas Ruangan terdiri dari :

- Ruang utama rontgen 3 x 5 m
- Ruang kamar gelap ( dark room)
- Ruang pasien 5 x 3 meter
- Ruang Perawat 5 x 4 meter
- Dinding terbuat dari concrete dan Pb
- Koredor

### 3.b. Disain Tebal Pelindung

#### 3.b.1. Tebal pelindung primer

Sesuai dengan rumus (1) yang digunakan untuk menentukan faktor transmissi pelindung primer (Kuk), dengan data yang diperoleh:

P = 0.1 mR/Jam Untuk pekerja radiasi terkendali,

dpr = 2 meter

W = 18.000 ( mA-Menit/Minggu)

U = 0.25

T = 1

Didapat Kuk =  $8.8 \times 10^{-5}$ .

Hubungan antara Kuk yang diperoleh dengan sumber sinar-X kapasitas 125 kV (Ref. 1 fig 2 halaman 92 material lead dan fig 3 halaman 93 material concrete ) diperoleh tebal pelindung seperti terlihat pada tabel 5.

Tabel 4. Nilai a untuk paparan radiasi hamburan

Sumber Radiasi	Sudut Hambur (derajat)					
	30	45	60	90	120	135
Sinar-x 50kV	0.0005	0.0002	0.00025	0.00035	0.0008	0.0010
70kV	0.00065	0.00035	0.00035	0.0005	0.0010	0.0013
100kV	0.0015	0.0012	0.0012	0.0013	0.0020	0.0022
125kV	0.0018	0.0015	0.0015	0.0015	0.0023	0.0025
150kV	0.0020	0.0016	0.0016	0.0016	0.0024	0.0026
200kV	0.0024	0.0020	0.0019	0.0019	0.0027	0.0028
250	0.0025	0.0021	0.0019	0.0019	0.0027	0.0028

### 3.b.2. Tebal Pelindung Skunder

#### 3.b.2.1. Tebal pelindung terhadap kebocoran radiasi

Dengan menggunakan rumus 2 untuk mendapat faktor transmissi terhadap kebocoran radiasi (Blk), dengan data yang diperoleh:

$P = 0.1$  mR/Jam Untuk pekerja radiasi terkontrol  
 $D_{sk} = 2$  m  
 $W = 18.000$  (mA-Menit/Minggu)  
 $U = 0.25$   
 $T = 1$   
 $I = 200$  mA

Dari Blk yang diperoleh, akan didapat jumlah HVL dengan menggunakan fig.B-3 ( Ref. 1 hal. 57) antara faktor transmissi (Blk) dengan HVL yaitu 6 HVL.

Untuk mendapatkan tebal pelindung terhadap kebocoran radiasi sesuai dengan material yang di disain, yaitu lead dan concrete, dengan menggunakan rumus 3 dan tabel 3, hasil diperoleh dapat dilihat pada tabel 5

#### 3.b.2.1. Tebal pelindung terhadap radiasi hambur

Dengan menggunakan rumus 4 untuk mendapat faktor transmissi terhadap radiasi hambur (Klk), dengan data yang diperoleh:

$P = 0.1$  mR/Jam Untuk pekerja radiasi terkontrol,  
 $d_{sk} = 2$  m,  
 $d_h = 2$  m,  
 $a =$  Pada sudut  $60^\circ$  pada kapasitas 125 kV, dengan menggunakan Tabel 4 diperoleh,  
 $a = 0.0015$ ,  
 $W = 18.000$  (mA-menit/Minggu),  
 $U = 0.25$ ,  
 $T = 1$ ,  
 $F = 315$  m<sup>2</sup>.

Dari Klk yang diperoleh, akan didapat jumlah HVL dengan menggunakan fig.B-3 ( Ref. 1 hal. 57) antara faktor transmissi (Klk) dengan HVL yaitu 4 HVL.

Untuk mendapatkan tebal pelindung terhadap radiasi hamburan sesuai dengan material yang di disain, yaitu lead dan concrete, dengan menggunakan rumus 3 dan tabel 3, hasil diperoleh dapat dilihat pada tabel 5

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus yang ditentukan di dapat tebal pelindung terhadap dinding 1, 2, 3 dan 4 serta pintu dengan material terbuat dari concrete dan timah hitam (Pb), serta triplek, hasil dapat dilihat pada tabel 5.

Perhitungan pelindung untuk setiap dinding berlainan tergantung dari jarak

pesawat sinar-X kedinding dan nilai faktor guna untuk pelindung, nilai tempat untuk berbagai lokasi serta penggunaan terhadap fungsi pelindung

seperti pelindung primer, pelindung skunder akibat kebocoran radiasi, pelindung skunder akibat hamburan.

Tabel 5. Tebal pelindung ruangan pesawat sinar-X RS Siti Aminah Bumi Ayu Jawa Tengah

NO	POSISI	MATERIAL	TEBAL	FAKTOR HUNIAN (T)	FAKTOR MANFAAT (U)	DOSIS YANG DIIZINKAN (mR/Jam)
1.	DINDING	Concrete	24,3 cm	1	0.25	0.25
	Dinding 1	Timbal (Pb)	1.22 mm			
	Dinding 2	Concrete	8,8 cm	0.25	0.25	0.25
		Timbal (Pb)	1.42 mm			
	Dinding 3	Concrete	24,3 cm	1	0.25	0.25
	Timbal (Pb)	1.54 mm				
Dinding 4	Concrete	8,8 cm	0.25	0.25	0.25	
	Timbal (Pb)	1.6 mm				
2.	Pintu	Triplek Timbal (Pb)	1,7 mm	1	0.25	0.25

## 5. KESIMPULAN

Pelindung merupakan salah satu prinsip proteksi radiasi yang harus diperhatikan, agar pelindung memenuhi persyaratan yang ditentukan baik nasional Bapaten maupun internasional IAEA dilakukan perhitungan sesuai dengan teori yang ada, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5, untuk setiap pelindung/dinding berlainan tebalnya, hal ini tergantung dari jarak dan penggunaan pelindung dalam pelaksanaan pengoperasian sinar-X untuk rumah sakit Siti Aminah, Bumi Ayu, Jawa Tengah.

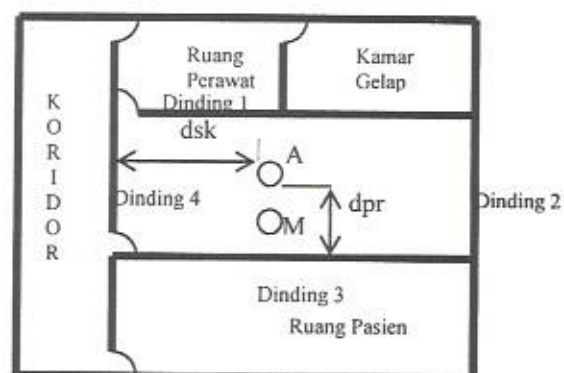
## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. IAEA Report No. 49.1976. "Structure shielding design & Evaluation for medical use Gamma ray, x-ray" National Council on Radiation & measurements.
- [2]. BATAN.1995. *Diklat Operator dan Ahli Radiografi*.
- [3]. BATAN-JAERI.2000. *Training Course on Radiation Protection* BATAN-JAERI, National Nuclear Energy Agency.

[4]. ICRP, Publ. 35.1982. "General Principle of Monitoring Protection of Works".

[5]. A.V.FEILGEMBAUN.2001."ISO 9001-200, Kendali Mutu terpadu ", Edisi III, Erlangga, Jakarta.

Denah ruangan pesawat sinar-X RS Siti Aminah Bumi Ayu, Jawa Tengah



Catatan:

A: Pesawat Sinar-X  
M: Pasien

Dinding 3 : Arah sumber ke pasien( dinding primer), yaitu jarak sumber sinar-X ke dinding 3 disebut pelindung primer.

Dinding 4 : Jarak sumber ke dinding 4,

1 dan 2 akibat kebocoran dan hamburan radiasi disebut pelindung skunder

Untuk lebih efisiennya pelaksanaan konstruksi ruangan harus memenuhi ketentuan dan prosedur yang berlaku, sehingga aman bagi pekerja dan masyarakat umum.

Dalam pelaksanaan konstruksi pelindung/dinding dari ruangan pesawat sinar-X harus benar-benar diawasi, sehingga memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan, terutama komposisi dari concretenya,

sehingga density terpenuhi, hal ini dilakukan untuk menjaga paparan radiasi di sekitar dinding pelaksanaan kegiatan tidak membahayakan baik bagi pekerja, maupun pasien dan masyarakat umum yang selalu melewati dinding 1,2,3 dan 4. Waktu pelaksanaan pengujian kemampuan pelindung ruangan harus sesuai dengan prosedur yang berlaku dan harus menganut prinsip proteksi radiasi dan fungsi dari alat-alat yang digunakan.