

Perancangan Keselamatan Ruang Radiologi Pesawat Sinar-X Di PSTA BATAN Yogyakarta

M. Tekad Reza R¹, Galih Anindita², M. Yusuf Santoso³

Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

email: mohammadtekad@gmail.com

Abstrak

Salah satu sumber radiasi adalah pesawat sinar-x, yang pemanfaatannya harus memperhatikan aspek keselamatan. Desain ruangan merupakan langkah awal yang harus dilakukan sebelum dioperasikan pesawat sinar-x. Kebocoran radiasi melebihi nilai batas dosis yang ditentukan oleh Bapeten dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. PSTA BATAN Yogyakarta memiliki pesawat sinar-x 110 Kv *type* Omnix dengan spesifikasi 110kv-120 mA. Tujuan dari proposal ini adalah merancang ulang ruang yang dinding-dinding mengalami kebocoran yang sesuai dengan kondisi dan lokasi disekitar Psta Batan Yogyakarta. Berdasarkan perhitungan dinding pada bagian A, C dan D tidak dapat menahan pancaran radiasi dibutuhkan penambahan penahan radiasi pada dinding A, C dan D. Berdasarkan rancangan pesawat sinar-x 110 Kv didapatkan ketebalan dinding A yang menghadap masyarakat dibutuhkan tebal sebesar 1,57 mm setara dengan tebal beton sebesar 24 cm. Untuk dinding Sekunder D yang berbatasan dengan ruang dokter umum dibutuhkan ketebalan timbal sebesar 0,4 mm setara dengan tebal beton sebesar 15 cm. Dan untuk ketebalan timbal yang dibutuhkan dinding sekunder C sebesar 0,4 mm setara dengan tebal beton 15 cm. Dan untuk dinding B yang berbatasan langsung dengan ruang dokter gigi dengan kondisi saat ini masih cukup aman jadi tidak perlu ditambahkan dengan timbal.

Keywords: sinar-x, pesawat, radiasi

1 PENDAHULUAN

Radiasi merupakan energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang elektromagnetik atau cahaya (foton) dari sumber radiasi (Batan, 2005). Sedangkan menurut Ariyanto (2009), radiasi dapat juga diartikan sebagai pemancaran dan perambatan yang membawa tenaga (energi) melalui ruang atau antara. Radiasi yang ditimbulkan dari tindakan medis merupakan radiasi yang berasal dari sumber buatan manusia, misalnya radiasi dari sinar X.

Salah satu sumber radiasi adalah pesawat sinar X. Pesawat sinar X banyak digunakan di bidang kesehatan untuk keperluan diagnostik dan terapi dan di bidang industri, antara lain untuk radiografi. Sinar X memiliki potensi bahaya radiasi, maka pemanfaatannya harus memperhatikan aspek proteksi radiasi. Selain itu, pesawat sinar X juga harus dalam kondisi yang baik dan dirawat sesuai dengan program jaminan kualitas Ariyanto (2009).

Pada paper ini, desain ruangan instalasi yang memenuhi standar keselamatan merupakan langkah awal yang harus dipenuhi, saat suatu pesawat sinar-x beroperasi. . kebocoran pada dinding-dinding ruangan radiologi sebesar 0,04951 msv/jam pada dinding yang mengarah ke arah gedung limbah sebagai penahan radiasi primer, dinding yang mengarah pada ruangan dokter umum sebesar 0,002037 msv/jam pada dinding sekunder dan dinding yang mengarah pada lingkungan masyarakat sebesar 0,000128 msv/jam pada dinding sekunder serta 0,00125 msv/jam. Tujuan desain ruangan instalasi adalah untuk menjamin bahwa pekerja atau masyarakat umum yang berada di sekitar instalasi menerima paparan radiasi yang lebih kecil dari nilai batas dosis

(NBD) yang berlaku. Menurut nilai NBD pada Perka BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) Nomor 4 Tahun 2013 untuk pekerja radiasi menerima 20 msv/tahun serta untuk masyarakat sebesar 1 msv/tahun

2 METODOLOGI

Pada ruangan denah pesawat sinar-x diletakkan pada suatu ruangan yang dahulu digunakan untuk lab.sementasi dimana berbatasan dengan ruang evaporasi yang saat ini digunakan untuk ruang dokter umum dan gudang limbah yang saat ini digunakan untuk ruangan dokter gigi, dan dinding lain langsung bersebelahan dengan lingkungan masyarakat langsung. Untuk dinding-dinding tembok berupa dinding bata berplester setebal 18 cm (15 cm bata dan 3 cm plesteran) dengan luas ruangan 6 m x 4 m dan tinggi langit-langit setinggi 3 m .Denah ruang pesawat sinar-x seperti gambar 1.1, sebagai berikut:



Gambar 1.1 Denah ruangan pesawat sinar-x di PSTA BATAN Yogyakarta (2016)

Berdasarkan gambar 1.1, dapat ditunjukkan data ruangan yang diamati sebagai berikut :

Dinding A: pembatas R. Radiologi dengan Masyarakat

Dinding B: pembatas R. Radiologi dengan R. Dokter gigi

Dinding C:pembatas R.Radiologi dengan Masyarakat

Dindng D: pembatas R.Radiologi dengan R. Dokter umum

Dengan data kebocoran sebagai berikut pada masing-masing dinding:

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data *layout* ruangan radiografi pesawat sinar-x, beban kerja mingguan dan arus maksimal tabung saat beroperasi serta data kebocoran radiasi yang ditunjukkan tabel 4.1:

Tabel 1.1.Pengukuran radiasi secara langsung setiap shoot

Dinding	Tegangan (KV)	mA	msv/jam	Dosis/tahun	NBD	Keterangan
Dinding A	100	120	0.04951	99.02	1 msv/tahun	Melebihi NBD
Dinding B	100	120	0.000128	0.256	1msv/tahun	Tidak Melebihi NBD

Dinding C	100	120	0.00125	2.5	1msv/tahun	Melebihi NBD
Dinding D	100	120	0.002037	4	1msv/tahun	Melebihi NBD

(Sumber: Pengukuran Langsung 2016)

Keterangan: Satuan dosis diubah ke msv dari sebelumnya $\mu\text{Gy/h}$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan target desain perisai radiasi yang diperkenankan (P) berdasarkan pada peraturan kepala badan pengawas tenaga nuklir pasal 18 nomor 4 tahun 2013 tentang keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir. Dengan asumsi 1 tahun terdapat 50 minggu kerja, maka :

Tabel 1.2 Nilai Batas Dosis Pada Masyarakat dan Pekerja radiasi

Nilai batas dosis masyarakat	Nilai Batas Dosis pekerja radiasi
20 msv/tahun	1 msv/tahun
0,04 R/minggu	0,002 R/minggu

(Sumber: Perka Bapeten no 4 tahun 2013)

Keterangan: Satuan dosis diubah ke msv ke satuan Roentgen

Perhitungan beban kerja dilakukan untuk mengetahui dan menyatakan tingkat pemakaian pesawat Sinar-X dalam 1 minggu. Sehingga diketahui beban kerja maksimum operasi yang dilakukan dimana dinyatakan dalam satuan mA menit/minggu.

- Total eksposi/hari = 25 eksposi
 - Lama waktu = 0,6 detik/eksposi
= 0,01 menit/eksposi
 - Lama operasi/minggu = 5 hari/minggu
 - Arus mesin = 120 mA
- W = total eksposi x lama waktu x lama operasi x tegangan

$$= \frac{25 \text{ eksposi}}{\text{hari}} \times 0,01 \frac{\text{menit}}{\text{eksposi}} \times \frac{5 \text{ hari}}{\text{min}} \times 120 \text{ mA}$$

$$= 150 \text{ mA menit/minggu}$$

Dinding primer adalah dinding utama yang terus menerus terkena oleh berkas sinar-x diperlukan perhitungan ketebalan dinding untuk mengetahui ketebalan dinding yang dibutuhkan untuk bagi pesawat sinar-x dengan energi 110 Kv Masyarakat umum berlalu lalang dibalik tembok

Jarak fokus sinar-x ke dinding (d primer) = 1,2 m

Arah penyinaran sinar-x selalu tetap (U) = 1

daerah dimana terkadang terdapat orang (t) = 1/16

Batasan terpapar masyarakat = 0,002 R/minggu atau 0,02 msv

$$\text{Faktor transmisi (K)} = \frac{p \times d^2}{w \times u \times t}$$

$$= \frac{0,002 \times 1,2^2}{150 \times 1 \times 0,0625}$$

$$= 2,986 \times 10^{-4} \text{ RmA/minggu}$$

$$= 150 \text{ mA menit/minggu}$$

Dinding primer adalah dinding utama yang terus menerus terkena oleh berkas sinar-x diperlukan perhitungan ketebalan dinding untuk mengetahui ketebalan dinding yang dibutuhkan untuk bagi pesawat sinar-x dengan energi 110 Kv Masyarakat umum berlalu lalang dibalik tembok

Jarak fokus sinar-x ke dinding (d primer) = 1,2 m

Arah penyinaran sinar-x selalu tetap (U) = 1

daerah dimana terkadang terdapat orang (t) = 1/16

Batasan terpapar masyarakat = 0,002 R/minggu atau 0,02 msv

$$\text{Faktor transmisi (K)} = \frac{p \times d^2}{w \times u \times t}$$

$$= \frac{0,002 \times 1,2^2}{150 \times 1 \times 0,0625}$$

$$= 2,986 \times 10^{-4} \text{ RmA/minggu}$$

Berdasarkan gambar autensi 2.7 beton terhadap sinar-x didapatkan beton sebesar 24 cm

Perhitungan dinding sekunder dilakukan pada kedua dinding yaitu dinding C dan dinding D dikarenakan kebocoran radiasi yang tinggi melebihi batas aman sehingga dapat menimbulkan munculnya penyakit akibat kebocoran radiasi. Radiasi sekunder dinding D:

Jarak fokus sinar-x ke dinding (dsec) = 1,67 m

Arah penyinaran sinar-x selalu tetap (dsca) = 1

daerah dimana terkadang terdapat orang (T) = 1/16

Batasan terpapar masyarakat = 0,002 R/minggu atau 0,02 msv

Faktor kompensasi tegangan (f) = 1

Ukuran medan sebaran (F) = 4162,84 cm²

Rasio radiasi hambur (a) = 0,00138

$$K = \frac{pdsca^2 \times d \text{ sec}^2 \times 400}{a \times w \times T \times F \times f}$$

$$\frac{0,002^2 \times 1 \times 1,67^2 \times 400}{0,00138 \times 150 \times 1 \times 4162,84 \times 1}$$

$$K =$$

$$K = 0,00258 \text{ RmA/minggu}$$

Sedangkan pada dinding sekunder yang mengarah ke luar ruangan pada dinding C juga dilakukan perhitungan dinding C sekunder :

$$K = \frac{pdsc^2 \times d \text{ sec}^2 \times 400}{a \times w \times T \times F \times f}$$

$$K = \frac{0,002^2 \times 1 \times 1,67^2 \times 400}{0,00138 \times 150 \times 1 \times 4162,84 \times 1}$$

$$K = 0,00258 \text{ RmA/minggu}$$

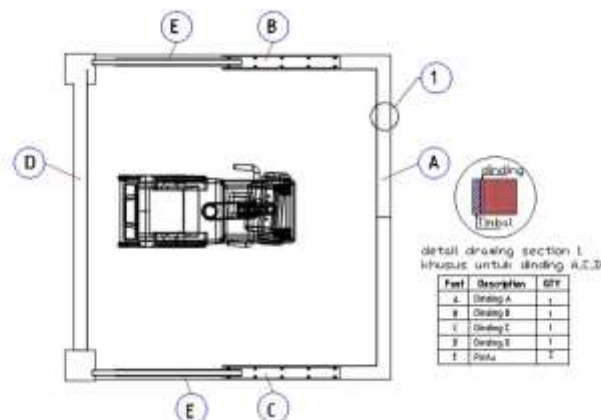
Berdasarkan gambar autensi beton 2.7 terhadap sinar-x didapatkan beton sebesar 15 cm
 Berdasarkan Perhitungan radiasi yang didapatkan untuk dinding-dinding didapatkan hasil sebagai berikut:
 Tabel 1.3 Hasil penambahan timbal yang perlu ditambah pada dinding

Dinding	Tebal dinding yang ada (setara beton)	Tebal dinding yang seharusnya (setara beton)	Keterangan
A	14,09 cm	24 cm	Tembok perlu dilapisi Pb 1,57 mm
B	14,09 cm	15 cm	Tidak perlu pelapisan pb
C	14,09 cm	15 cm	Tembok perlu pelapisan Pb 0,4 mm
D	14,09 cm	15 cm	Tembok perlu pelaspisan Pb 0,4 mm

Keterangan:

- Massa jenis bata = 1,9 gr/cm³
- Massa jenis plesteran = 1,54 gr/cm³
- Massa jenis beton = 2,35 gr/cm³
- Massa jenis timbal = 11,34 gr/cm³

Berdasarkan hasil perhitungan redesain pada masing dinding ditunjukkan oleh gambar 4.2:



Gambar 1.2 gambar redesain ruangan

Dimana dinding A terdiri dari 18 cm bata dan plesteran dilakukan penambahan timbal sebesar 1,57 mm.

Dimana dinding B tidak perlu dilakukan penambahan timbal dikarenakan kebocoran radiasi berada di bawah NBD (nilai batas dosis)

Dimana dinding C terdiri dari 18 cm bata dan plesteran dilakukan penambahan timbal sebesar 0,4 mm

Dimana dinding D terdiri dari 18 cm bata dan plesteran dilakukan penambahan timbal sebesar 0,4 mm

4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa :

Berdasarkan hasil penelitian serta analisa yang telah dilakukan oleh peneliti dalam penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan perhitungan saat ini ruangan tidak dapat menahan lepasan radiasi dari pesawat sinar-x dengan tegangan 110 kv. Dimana tebal bata dan plesteran saat ini untuk dinding primer dan sekunder sebesar 18 cm setara dengan 14,09 cm beton. Dan apabila berdasarkan perhitungan untuk dinding primer dibutuhkan ketebalan beton sebesar 24 cm beton dan dinding sekunder 15 cm beton.
2. Lokasi A didapatkan hasil perhitungan ketebalan perisai primer minimum yaitu 24 cm beton standar atau 1,57 mm timbal. Lokasi C didapatkan hasil perhitungan ketebalan perisai primer minimum yaitu 15 cm beton standar atau 0,4 mm timbal. Lokasi D didapatkan hasil perhitungan ketebalan perisai primer minimum yaitu beton standar 15 cm beton standar atau 0,4 mm timbal

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang berpartisipasi dan membantu terhadap terlaksananya penelitian ini.

6 DAFTAR PUSTAKA

Alatas, Z, 2004, Efek Radiasi Pngion Dan Non Pngion Pada Manusia. *Buletin Alara*. 5(203). 99-112.

Ariyanto, S, 2009. *Radiasi Alam*. <http://www.batan.go.id/bkhh/index.php/artikel/49-radiasi-alam.html> [diakses 28-12-2016].

Ashafahani, E.D., N.I. Wiratmini, & A.A.S.A. Sukmaningsih. 2010. Motilitas Dan Viabilitas Spermatozoa Mencit (*Mus musculus L.*) Setelah Pemberian Ekstrak Temu Putih (*Curcuma zedoaria* (Berg.) Roscoe.). *JURNAL BIOLOGI*. XIV (1): 20 – 23.

BAPETEN, 2013., Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir nomor 4 /perka Bapeten/2013

BAPETEN, 2011., Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional nomor 8 /perka Bapeten/2011

BAPETEN. 2003. Pedoman Dosis Pasien Radiodiagnostik. *Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir nomor 01-P /Ka-BAPETEN/ I-03*.

BATAN, 2005, *Desain Penahan Ruang Sinar-X*, Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi, Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Badan Tanaga Nuklir Nasional, Jakarta.

NCRP 1967. *Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of Energies*

CEMBER, H, 1992, *Introduction to Health Physics*. Second Edition. Northwestern University, USA.

Haditjahyono, H. 2006. *Prinsip Dasar Pengukuran Radiasi*. Pusdiklat-Batan. www.batan.go.id [diakses 18-01-2017].

IAEA. 2004. *Radiation People and Environment*. IAEA: Austria.