

ANALISIS KESELAMATAN KERJA RADIASI PESAWAT SINAR-X DI UNIT RADIOLOGI RSU KOTA YOGYAKARTA

DJOKO MARYANTO, SOLICHIN, ZAENAL ABIDIN

*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010
Telp. 0274.489716, Faks.489715*

Abstrak

ANALISIS KESELAMATAN KERJA RADIASI PESAWAT SINAR-X DI UNIT RADIOLOGI RSU KOTA YOGYAKARTA. Sumber radiasi pengion yang digunakan di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta adalah pesawat sinar-X dalam pemanfaatannya harus memperhatikan aspek keselamatan kerja radiasi. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui dosis radiasi dihasilkan oleh pesawat sinar-X terhadap pekerja radiasi dan masyarakat sekitar, dengan membandingkan antara perhitungan tebal penahan radiasi secara teoritis terhadap tebal penahan radiasi di Unit Radiologi dan pengukuran dosis radiasi pada daerah pekerja radiasi dan masyarakat sekitar. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa tebal dinding beton penahan radiasi di Unit Radiologi (beton 18 cm yang dilapisi Pb 1 mm) lebih tebal dari hasil perhitungan tebal minimal penahan radiasi secara teoritis untuk beton adalah 17,8 cm, maka untuk operasional pesawat sinar-X di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta sudah sesuai dengan persyaratan sistem keselamatan kerja radiasi dari BAPETEN. Hasil pengukuran laju paparan radiasi yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X pada faktor penyinaran operasional maksimum (100 kV; 200 mA dan 0,3 detik) adalah 2,232 R/jam dan laju dosis yang diterima pekerja dan masyarakat diluar ruang penyinaran adalah 0,00 mR/jam. Dosis rata - rata pekerja radiasi dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2007 adalah 119,5 mrem/tahun, di bawah NBD (Nlai Batas Dosis) yang ditentukan sebesar 5000 mrem/jam.

Kata kunci : penahan radiasi, dosis radiasi, NBD, pekerja radiasi.

Abstract

THE RADIATION WORK SAFETY ANALYSIS OF X - RAY INSTRUMENT IN RADIOLOGY UNIT OF YOGYAKARTA HOSPITAL CITY. Ionizing radiation source in Radiology Unit of Yogyakarta Hospital City is x-ray instrument, it is necessary to pay attention about radiation protection aspect when using this technology. This Research aim is to know the result of radiation dose by x-ray instrument in Radiation worker and public society. This research is conducted by comparing between the thickness of shielding theoretically with thickness of shielding in Radiology Unit and measurement of radiation dose at area of radiation worker and public society. Result of comparison shown that thickness of shielding in Radiology Unit (concrete 18 cm and covered of Pb 1 mm), is thicker than minimum thickness of calculation result of shielding theoretically for the concrete is 17,8 cm, hence for the operation of x-ray instrument in Radiology Unit of Yogyakarta Hospital City was already met by the requirement of radiation safety system required by BAPETEN. The measurement result of radiation dose of X-ray instrument at maximum exposure factor (100 kV; 200 m and 0,3 s) is 2,232 R/hour and radiation dose accepted by radiation worker and public society outside irradiating room is 0,00 mR/hour. The number of average dose of radiation worker since 2000 until 2007 is 119.5 mrem/year, by the significant value of 0.000, this result is convenient when it is compared to NBD standard value.

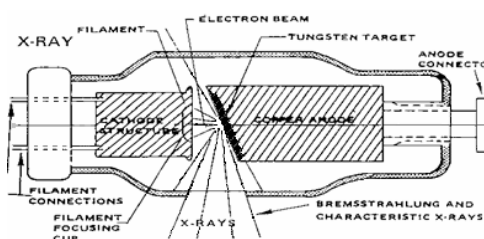
Keyword: shielding, radiation dose, The Dose Limitation Assessment, Radiation worker

PENDAHULUAN

Aplikasi teknologi nuklir telah banyak dimanfaatkan dalam kehidupan, salah satunya dalam bidang kesehatan atau medik di bagian radiologi. Unit Pelayanan Radiologi merupakan salah satu instalasi penunjang medik, menggunakan sumber radiasi pengion untuk mendiagnosis adanya suatu penyakit dalam bentuk gambaran anatomi tubuh yang ditampilkan dalam film radiografi. Pelayanan Radiologi harus memperhatikan aspek keselamatan kerja radiasi. Dalam upaya pengendalian, Pemerintah telah menerbitkan Peraturan Pemerintah nomor 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan sumber radioaktif, Surat Keputusan Kepala Bapeten nomor 01/Ka-Bapeten/V-99 tentang Kesehatan terhadap radiasi pengion disebut keselamatan radiasi, yang memuat nilai batas dosis yaitu pekerja radiasi < 50 mSv/tahun dan masyarakat umum < 5 mSv/tahun^[1] Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju dosis radiasi yang dihasilkan oleh penggunaan pesawat sinar-X terhadap pekerja radiasi dan masyarakat sekitar di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta serta mengevaluasi keselamatan instalasi berkaitan dengan penerapan keselamatan kerja radiasi sehingga penyakit akibat kerja radiasi dan kecelakaan kerja radiasi dapat dihindarkan. Pelayanan di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta telah dilaksanakan sejak tahun 1990 dan selama ini belum pernah dilakukan monitoring laju paparan radiasi yang dihasilkan oleh penggunaan pesawat sinar-X bagi pekerja radiasi maupun masyarakat.

DASAR TEORI

Sinar-X dihasilkan dari tabung Sinar-X, yang merupakan suatu alat untuk menghasilkan elektron bebas, mempercepat dan akhirnya menumbuk suatu target^[2], seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Tabung Pesawat Sinar-X

Pada proses tumbukan tersebut, akan menghasilkan Sinar-X kontinyu (bremstrahlung) dan Sinar-X karakteristik. Dua interaksi yang menghasilkan dua tipe Sinar-X yaitu :

1. Sinar-X yang dihasilkan akibat perlambatan berkas elektron cepat dalam medan magnet atom anoda yang disebut sinar-X kontinyu atau sinar-X *bremstrahlung* yang mempunyai spektrum kontinyu..
2. Sinar-X yang dihasilkan akibat transisi elektron dari orbit tinggi ke orbit rendah dari atom anoda. Transisi elektron ini terjadi akibat adanya kekosongan elektron setelah ditumbuk oleh elektron berkecepatan tinggi. Sinar ini disebut dengan sinar-X karakteristik.

Konstruksi dinding gedung untuk ruang penyinaran merupakan penahan radiasi sehingga harus direncanakan dalam pembangunannya.

Persyaratan perisai/pelindung radiasi untuk ruangan radiologi ditentukan oleh jenis peralatan dan energi radiasi yang dipakai. Persyaratan desain ruang pemeriksaan adalah ruangan dengan ukuran 4 m x 3 m x 3 m, toilet 2 m x 1,5 m x 3 m. Tebal dinding penahan radiasi primer adalah dinding dari bata plesteran dengan telbal 25 cm atau beton setebal 15 cm yang setara dengan Pb 2 mm. Untuk penahan radiasi hambur diperlukan dinding bata berplester dengan tebal 15 cm dan untuk pintu kayu termasuk kusennya harus dilapisi dengan timah hitam (Pb) setebal 2 mm, serta dilengkapi alat peringatan bahaya radiasi dan sistem pengaturan udara sesuai dengan kebutuhan^[3]

Keselamatan kerja radiasi adalah upaya yang dilakukan untuk menciptakan kondisi agar dosis radiasi pengion yang mengenai manusia dan lingkungan hidup tidak melampaui nilai batas yang ditentukan. Akibat buruk dari radiasi pengion dikenal sebagai *efek somatik* adalah akibat yang diderita oleh orang yang terkena radiasi, dan *efek genetik* apabila akibat radiasi dialami oleh keturunannya^[4]. Untuk menjamin keselamatan kerja radiasi bagi pekerja radiasi dan masyarakat sekitarnya. Pengusaha Instalasi Nuklir (PIN) dalam melaksanakan setiap kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir harus menerapkan sistem keselamatan radiasi^[5] yang meliputi:

1. **Justifikasi:** Setiap pemakaian zat radioaktif atau sumber radiasi lainnya harus didasarkan pada azas manfaat.
2. **Optimasi:** Semua penyinaran harus diusahakan serendah-rendahnya **ALARA** (*As Low As Reasonably Achievable*) dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial.
3. **Limitasi:** Dosis ekuivalen yang diterima oleh pekerja radiasi atau masyarakat tidak boleh melampaui Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan Menurut Surat Keputusan Kepala Bapeten No. 01/Ka-BAPETEN/V-99.

Pengertian radiasi eksterna adalah sumber radiasi yang berada di luar tubuh manusia. Cara pengendalian bahaya radiasi eksterna adalah : Waktu penyinaran; Jarak antara sumber dengan manusia dan Pemasangan penahan terhadap radiasi pengion.. Tujuan pemasangan penahan radiasi untuk mengurangi dosis radiasi yang mengenai organ dalam tubuh. Penahan radiasi untuk instalasi sinar-X dapat dibedakan menjadi 2 jenis^[2], yaitu :

1. Penahan Radiasi Primer merupakan penahan sumber yang dibuat oleh pabrik pembuat tabung berupa penahan timbal atau besi yang sekaligus berfungsi sebagai rumah atau wadah tabung Sinar-X dan memberikan proteksi terhadap radiasi primer. Persyaratan penahan radiasi primer harus memenuhi persyaratan yang direkomendasi NCRP(National council on Radiation Protection & Measurement) yaitu laju kebocoran pesawat tipe diagnostik pada jarak 1 meter dari fokus tidak melebihi 0,1R/jam, yang dioperasikan pada arus dan tegangan maksimum.
2. Penahan Radiasi Sekunder merupakan disain ruangan penyinaran di rumah sakit dengan menggunakan perhitungan ketebalan yang dibutuhkan. Penahan radiasi sekunder yang disinari terus menerus, dianggap sebagai penahan radiasi primer

Untuk menghitung tebal dinding penahan struktural dari ruangan (dinding dan pintu), perlu diketahui variabel atau faktor yang berpengaruh^[6], yang meliputi :

1. Tegangan maksimum (kV) saat tabung sinar-X dioperasikan.
2. Arus maksimum (mA) dari aliran berkasnya.

3. Beban kerja atau *Workload* (W).
Beban kerja menyatakan tingkat pemakaian pesawat sinar-X dalam 1 minggu dan biasanya dinyatakan dalam mA menit/minggu. Nilai W ditentukan berdasarkan :
 - a. Waktu pengoperasian pesawat sinar-X dalam 1 minggu (menit/minggu).
 - b. Arus tabung pada saat pesawat sinar-X dioperasikan (mA).
4. Faktor penggunaan atau *Use Factor* (U)
Use factor atau faktor penggunaan yaitu bagian dari beban kerja bermanfaat dan diarahkan kearah yang dituju serta berhubungan dengan pancaran radiasi bila ada sinar-X yang arahnya horizontal, maka ada tembok, lantai, dan langit-langit
 - a. *Use factor* untuk lantai (*Floor*) = 1.
 - b. *Use factor* untuk dinding (*Wall*) = $\frac{1}{4}$.
 - c. *Use factor* untuk langit – langit (*Ceiling*) = $\frac{1}{4}$.
5. Faktor hunian atau *Occupancy Factor* (T)
Faktor hunian merupakan beban kerja harus dilipatgandakan untuk mengkoreksi tingkat pemakaian dari daerah yang dibicarakan dan dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :
 - a. $T = 1$ jika terdapat seseorang yang terus menerus berada di balik dinding,
 - b. $T = \frac{1}{4}$ jika keberadaan seseorang tidak terus menerus, tetapi relatif sering,
 - c. $T = \frac{1}{16}$ jika keberadaan seseorang hanya sesekali berada di balik dinding,
 - d. Apabila diketahui bahwa yang berada di balik dinding tersebut adalah pekerja radiasi, maka nilai T dianggap 1, tidak tergantung tingkat keberadaannya
6. Jarak (*Distance*, d)
Dalam perancangan memiliki jarak yang berubah-ubah. Oleh karena itu digunakan cara pengukuran dengan jarak yang terdekat atau yang terendah minimal 90 cm.

Dinding Penahan Radiasi Primer Atau Dinding Primer

Tebal dinding primer ditentukan dengan menghitung faktor transmisi (K) atau Rontgen/miliAmpere-menit selama satu minggu pada jarak satu meter, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$K = \frac{P \times d^2}{W \times U \times T} (R / \text{mA} - \text{mnt}) \quad (1)$$

dengan ,

K = Faktor transmisi (R/mA-mnt).
P = Penyinaran maksimum mingguan yang diperbolehkan (0,1 R/minggu untuk daerah terkontrol dan 0,01 R/minggu untuk daerah tak terkontrol).

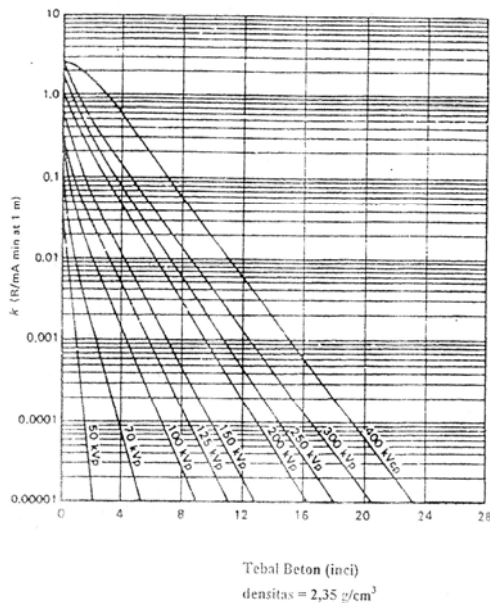
d = Jarak dari sumber ke shielding yang akan dirancang (meter).

W = Beban kerja (Workload) (mA. menit/minggu).

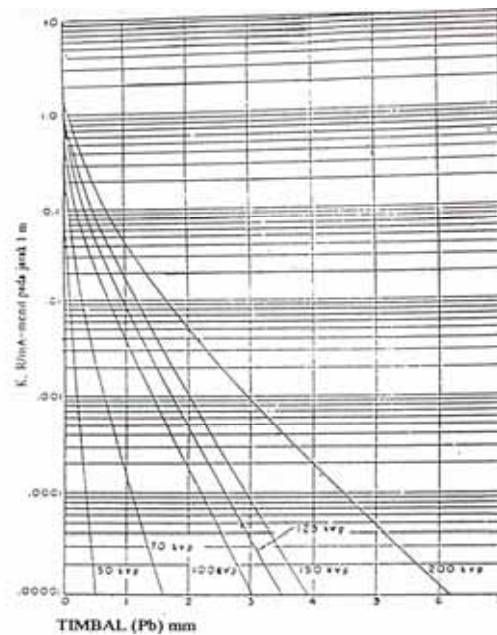
U = Faktor penggunaan (Use factor).

T = Faktor hunian (Occupancy factor).

Tebal dinding dilakukan dengan menggunakan kurva Cember dari bahan beton atau timbal seperti pada Gambar 2a dan 2b.



Gambar 2a. Pelemahan Sinar-X (50 – 400kVp) Pada Beton (Densitas 2,35 g/cm³)



Gambar 2b. Pelemahan Sinar-X (50 – 200kVp) Pada Timbal (Densitas 2,35 g/cm³)

Dari kurva tersebut, dicari korelasi harga K terhadap tebal dinding sesuai tegangan pesawat sinar X yang digunakan

Dinding Penahan Radiasi Sekunder Atau Dinding Sekunder

Dinding penahan radiasi hambur Tebal dinding penahan radiasi hambur ditentukan dengan rumus K_{ux} (untuk tegangan kurang dari 500 kV) sebagai berikut :

$$K_{ux} = \frac{P \times (d_{sca})^2 \times (d_{sec})^2 \times 400}{a \times W \times T \times F \times f} \left(\frac{R / \text{mA} - \text{menit}}{\text{minggu}} \right) \quad (2)$$

dengan,

K_{ux} = Perbandingan nilai paparan dengan beban kerja (sekunder).

P = Paparan radiasi yang diperbolehkan.

a = Rasio radiasi hambur terhadap radiasi yang membahayakan

F = Ukuran medan sebaran (cm²).

D_{sec} = Jarak penyebar ke titik tertentu (m).

D_{sca} = Jarak sumber ke kulit pasien (m).

T = Faktor hunian.

f = Faktor Kompensasi tegangan

Dengan menganggap bahwa energi radiasi terhambur yang dibangkitkan oleh pesawat sinar-X dengan tegangan < 500 kV sama dengan energi radiasi primer, maka tebal dinding sekunder (penahan radiasi hambur) dapat ditentukan dengan mencari korelasi harga K_{ux} terhadap tebal dinding sesuai dengan tegangan yang digunakan pada kurva cember.

Dinding penahan radiasi bocor

Tebal dinding radiasi bocor ditentukan dengan menghitung faktor transmisi atau daya serap dinding, B_{Lx} menggunakan rumus :

$$B_{Lx} = \frac{P \times (d)^2 \times 600 \times I}{W \times T} \quad (3)$$

$$B_{Lx} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

dengan:

- B_{Lx} = Paparan radiasi bocor.
- P = Penyinaran maksimum mingguan yang diperbolehkan (0,1R/minggu untuk daerah terkontrol dan 0,01R/minggu untuk daerah tak terkontrol).
- d = Jarak dari sumber ke *shielding* yang akan dirancang (meter).
- W = Beban kerja (*Workload*) (mA.menit/minggu).
- T = Faktor hunian (*Occupancy factor*).
- I = Arus Tabung Maksimum (mA)
- n = x / HVL

Tebal dinding radiasi sekunder ditentukan berdasarkan tebal dinding penahan radiasi hambur (X_h) dan tebal dinding penahan radiasi bocor (X_b) mengikuti aturan:

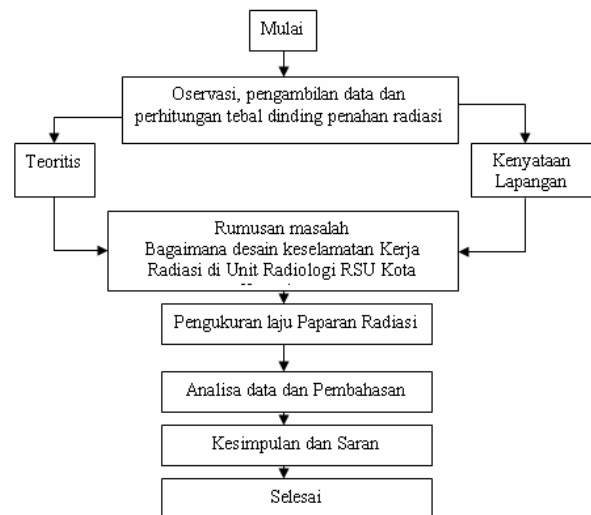
1. Jika $[X_h - X_b] < 1 \text{ TVL}$, maka tebal dinding sekunder diambil harga yang terbesar antara x_h dan x_b kemudian ditambahkan faktor keselamatan sebesar 1 HVL.
2. Jika $[X_h - X_b] > 1 \text{ TVL}$, maka tebal dinding sekunder cukup diambil dengan harga yang terbesar antara X_h dan X_b

Pemantauan radiasi pada prinsipnya adalah kegiatan pengukuran tingkat radiasi di daerah kerja, biasanya dinyatakan dalam laju dosis radiasi (mrem/jam, $\mu\text{Sv}/\text{jam}$, mR/jam). Pemantauan dosis radiasi harus dilakukan secara terus menerus. Pemantauan perorangan dilakukan dengan jalan memantau paparan radiasi eksternal, menggunakan dosimeter

perorangan, selanjutnya dicatat didalam kartu dosis atau catatan dosis. Pemantauan daerah kerja dilakukan dengan menggunakan surveimeter. Untuk evaluasi keselamatan radiasi, batasan dosis yang diterima pekerja radiasi harus di bawah 50 mSv selama satu tahun dan dosis yang diterima masyarakat sekitarnya harus di bawah 5 mSv selama satu tahun.

TATA KERJA

Lokasi dalam penelitian ini dilakukan di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta pada bulan April 2008. Langkah penelitian yang dilakukan seperti diagram Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pelaksanaan Penelitian

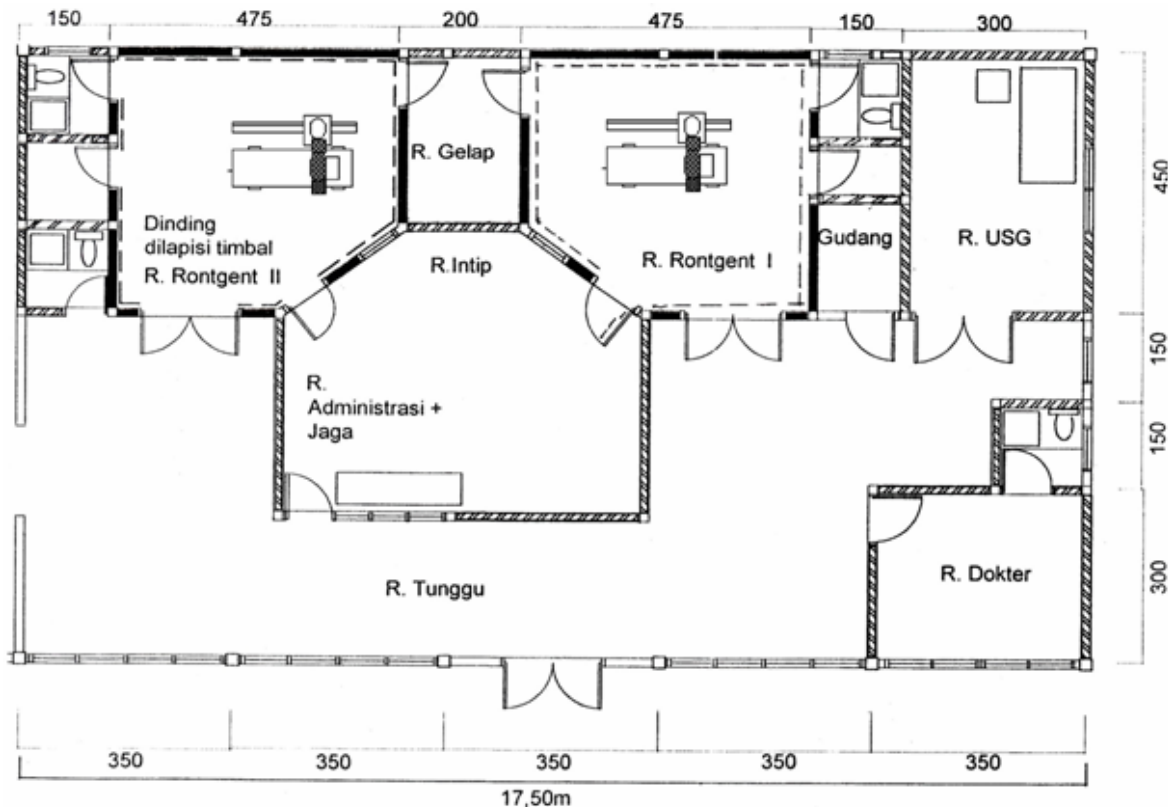
PERALATAN DAN BAHAN

Peralatan yang digunakan untuk penelitian adalah:

1. Pesawat Rontgen dengan merk Toshiba
2. Surveimeter atau Mini Dosimeter.

HASIL DAN ANALISA DATA

Denah Instalasi Radiologi RSU Kota Yogyakarta, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Denah Instalasi Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta

Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta tersedia 2 ruang roentgen. Ruang roentgen I yang digunakan untuk pemeriksaan dengan kontras dilengkapi toilet dan ruang ganti. Ruang roentgen II untuk pemeriksaan tanpa kontras

yang dilengkapi toilet dan ruang ganti. Ruang roentgen I dan II juga mempunyai luas dan tebal dinding sebagai penahan radiasi yang sama. Ukuran luas kedua ruang roentgen dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Ukuran Ruang Roentgen I dan II di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta.

No	Parameter	Ukuran (cm)	
		Ruang Roentgen I	Ruang Roentgen II
1	Panjang	475	475
2	Lebar	450	450
3	Tinggi	300	300
4	Kamar ganti	150 x 150 x 300	150 x 150 x 300
5	Toilet	150 x 150 x 300	150 x 150 x 300

Konstruksi dinding ruang roentgen dibuat dari beton yang berlapis dengan timah hitam (Pb) merupakan langkah awal melaksanakan azas proteksi radiasi. Data ukuran tebal dinding beton dan Pb seperti dalam Tabel 2.

Perhitungan penahan struktural sekunder perlu variabel beban kerja (*workload*). Variabel ini diperoleh dari data sekunder kunjungan pasien yang memerlukan pemeriksaan roentgen. Data sekunder jumlah kunjungan pasien pada

tahun 2007 diperoleh 11.071 orang dan rerata jumlah pasien yang dilakukan penyinaran 923 orang setiap bulan. Hasil perhitungan dimasukkan dalam kurva camber merupakan hasil perhitungan teoritis. Hasil perbandingan perhitungan teoritis dengan dinding penahan radiasi yang sudah terpasang dapat dilihat pada Tabel 3

Hasil perhitungan secara teori diperoleh, penahan radiasi primer pada penyinaran posisi

horizontal dibutuhkan tebal beton 17,78 cm atau Pb setebal 2,2 mm. Penyinaran posisi vertikal dibutuhkan tebal beton 22,86 cm atau Pb setebal 3 mm. Penahan sekunder dibutuhkan

tebal beton maksimal adalah 17,78 cm dan tebal Pb untuk penahan radiasi pada pintu adalah 1,8 mm.

Tabel 2. Data Tebal Beton Penahan Radiasi Ruang Roentgen I dan II di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta.

No	Dinding (beton)	Ruang Roentgen I		Ruang Roentgen II	
		Tebal beton (cm)	Tebal Pb (mm)	Tebal beton (cm)	Tebal Pb (mm)
1	Dinding sebelah barat	18	1	18	1
2	Dinding sebelah selatan	18	1	18	1
3	Dinding sebelah timur	18	1	18	1
4	Dinding sebelah utara	18	1	18	1
5	Pintu kayu 2 lapis Pb	-	2	-	2
6	Jendela Kaca Pb	-	18"x15"x5	-	18"x15"x5

Tabel 3. Data Perbandingan Perhitungan Penahan Radiasi Secara Teoritis dengan Ruang Penyinaran di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta

Lokasi penahan radiasi	Arah sinar	Tebal penahan radiasi			
		Teoritis		terpasang	
		Beton (cm)	Pb (mm)	Beton (cm)	Pb (mm)
Lantai / Vertikal	Primer	22,86	-	-	-
Horizontal / Dinding timur	Primer	17,78	-	18	1
Dinding timur (A)	Hambur	15,24	-	18	1
Dinding selatan (B)	Hambur	17,8	-	18	1
Dinding barat (C)	Hambur	10,16	-	18	1
Dinding operator (D)	Hambur	7,62	-	18	1
Pintu operator (D)	Hambur	-	1,2	-	2
Pintu pasien (E)	Hambur	-	1,8	-	2

Dinding beton untuk penahan radiasi di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta yang terbuat dari beton (18 cm), berlapis dengan Pb (1mm), pada pintu pasien dan pintu operator yang telah berlapis Pb baik luar maupun dalam setebal 2 mm dan kaca intip setebal 5 mm. Dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis, dinding yang terpasang di unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta lebih tebal daripada perhitungan secara teoritis.

Cara yang praktis untuk mengetahui tingkat radiasi daerah kerja secara cepat digunakan alat surveimeter. Alat ini mampu memberikan respons yang baik untuk daerah dengan tingkat radiasi yang kontinyu dan waktu yang relatif lama. Operasional pesawat sinar-X diagnostik pada umumnya sangat singkat dan

berorde detik sehingga pengukuran radiasi tidak dapat diukur dengan surveimeter, karena surveimeter tidak dapat memberikan respons yang baik untuk pengukuran dalam orde detik. Untuk keperluan pengukuran radiasi di daerah kerja seperti ruangan untuk radiodiagnostik dengan sinar-X, maka dilakukan dengan alat dosimeter. Dosimeter ini akan mencatat dosis radiasi akumulatif yang diterimanya selama jangka waktu pemantauan (pesawat dalam kondisi operasional). Pengukuran paparan (dosis) radiasi yang dilakukan pada saat tegangan operasional maksimum dan pada jarak 1 meter menggunakan Mini dosimeter seri 6100. Untuk mengkonversi laju dosis, hasil pembacaan dosis dibagi dengan waktu penyinaran. Dosis radiasi yang dihasilkan dari

pesawat sinar-X diukur pada posisi di dalam ruang roentgen dan di luar ruang roentgen dari berbagai arah.. Pengukuran dosis radiasi pada posisi penyinaran horisontal dan vertikal

dilakukan 5 kali untuk setiap arah.. Hasil pengukuran laju dosis radiasi pesawat sinar-X posisi horisontal dari berbagai arah seperti dalam Tabel 4 .

Tabel 4. Pengukuran Dosis Radiasi Rata – Rata Pesawat Sinar-X Pada Posisi Horisontal di Ruang Penyinaran dan Sekitarnya

No	Daerah pengukuran	Laju Dosis tanpa obyek (mR/dtk)		Laju Dosis dengan obyek (mR/dtk)	
		Dalam ruang	Diluar ruang	Dalam ruang	Diluar ruang
1	Daerah primer sebelah timur	0.74	0.00	0.69	0.00
2	Sebelah utara pesawat	0.12	0.00	0.19	0.00
3	Sebelah selatan pesawat	0.13	0.00	0.19	0.00
4	Sebelah barat pesawat	0.06	0.00	0.06	0.00
5	Didalam ruang ganti	0.03	0.00	0.02	0.00
6	Ke arah kamar intip	0.05	0.00	0.05	0.00
7	Didepan pintu operator	0.05	0.00	0.05	0.00

Hasil pengukuran laju dosis yang dihasilkan oleh pesawat sinar – X didalam ruangan dengan teknik penyinaran secara horisontal dan tanpa obyek penyinaran adalah 0,74 mR/detik atau 2,664 R/jam, dengan obyek penyinaran adalah 0,69 mR/detik, atau 2,484 R/jam, didalam ruang ganti ada radiasi sebesar

0.2 – 0.3 mrem/detik dan diluar ruangan penyinaran dari berbagai arah adalah 0,00 mrem/detik.

Hasil pengukuran laju dosis radiasi pesawat sinar – X posisi vertikal dari berbagai arah seperti dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data Rata – Rata Pengukuran Dosis Radiasi yang Dihasilkan Oleh Pesawat Sinar – X Pada Posisi Vertikal Di Ruang Penyinaran dan Sekitarnya

No	Daerah pengukuran	Laju Dosis tanpa obyek (mR/dtk)		Laju Dosis dengan obyek (mR/dtk)	
		Dalam ruang	Diluar ruang	Dalam ruang	Diluar ruang
1	Daerah primer	0.62	0.00	0.67	0.00
2	Sebelah barat pesawat	0.21	0.00	0.29	0.00
3	Sebelah utara pesawat	0.18	0.00	0.29	0.00
4	Sebelah timur pesawat	0.16	0.00	0.30	0.00
5	Sebelah selatan pesawat	0.20	0.00	0.28	0.00
6	Ke arah kamar intip	0.17	0.00	0.32	0.00
7	Didepan pintu operator	0.18	0.00	0.29	0.00

Hasil data pengukuran laju paparan yang dihasilkan oleh pesawat sinar – X di dalam ruangan dengan teknik penyinaran secara vertikal dan tanpa obyek penyinaran adalah 0,62 mR/detik, diakumulasikan dalam 1 jam adalah 2,232 R/jam, dengan obyek penyinaran adalah 0,67 mR/detik, diakumulasikan dalam 1 jam adalah 2,228 R/jam. Pengukuran radiasi diluar ruangan penyinaran dari berbagai arah

tidak didapatkan radiasi yang tembus dinding beton penahan radiasi (0,00 mrem/detik).

Hasil pengukuran laju dosis radiasi yang diterima pasien saat dilakukan penyinaran sinar-X di ruang penyinaran unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta sebanyak 30 pasien secara acak. Kemudian diklasifikasi menurut tegangan operasional seperti dalam Tabel 6.

Tabel 6. Data Range kVp yang Digunakan dan Laju Dosis Radiasi yang Diterima Pasien Pada Saat Penyinaran

kVp	Laju Dosis (mR/detik)	Laju Dosis (mR/jam)
45 - 70	0,26 - 0,34	918 - 1224
75 - 85	0,38 - 0,64	1377 - 2295
90 - 100	0,65 - 0,78	2326 - 2791

Tegangan yang digunakan bervariasi, dari 45 kV - 100 kV dan arus yang digunakan 200 - 250 mA dengan waktu yang bervariasi pula 0,03 - 0,40 detik. Laju dosis yang diterima pasien yang terendah 918 mR/jam dan tertinggi 2791 mR/jam.

Dosis rata-rata pekerja radiasi pertahun dapat diketahui dengan pengambilan data - data sekunder dosis radiasi yang tertulis di kartu dosis pekerja radiasi di Unit RSU Kota Yogyakarta dari tahun 2000-2007. kemudian didiskriptifkan secara komputerisasi dengan SPSS seri 11.0 seperti dalam Tabel 7

Tabel 7. Diskriptif Data Dosis Rata - Rata Pertahun Di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta

	N	Range	Minimum	Maximum	Sum	Mean	SD	Variance
2000	6	0	120	120	720	120,00	,000	,000
2001	6	0	120	120	720	120,00	,000	,000
2002	7	0	120	120	840	120,00	,000	,000
2003	7	0	120	120	840	120,00	,000	,000
2004	7	0	120	120	840	120,00	,000	,000
2005	7	0	120	120	840	120,00	,000	,000
2006	7	30	90	120	810	115,71	11,339	128,571
2007	6	0	120	120	720	120,00	,000	,000

Data sekunder yang didapat dari rata - rata kartu dosis pekerja radiasi pertahun di Unit Radiologi RSU Kota Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 7, selanjutnya dilakukan pengujian statistik secara komputerisasi dengan uji *One-Sample T Test* dalam program SPSS seri 11.0. Apabila hasil signifikansi < 0,5 (laju dosis radiasi di bawah NBD yang ditetapkan) maka H_a tidak diterima dan H_o diterima, apabila hasil signifikansi > 0,5 (laju dosis radiasi di atas NBD yang ditetapkan) maka H_a diterima dan H_o tidak diterima. Hasil pengujian uji statistik dengan *One-Sample T Test* seperti dalam Tabel 8 dan Tabel 9

Tabel 8. Data Uji Statistik dengan *One-Sample Statistics*

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
dosis rata-rata/th	8	119,5000	1,41421	,50000

Dosis rata - rata pekerja radiasi pertahun setelah diuji dengan uji *One - Sample Statistics* diperoleh nilai mean dosis rata - rata pekerja 119,5, standart deviasi 1.4 dan standart error mean 0.50 dengan jumlah Sampel 8.

Tabel 9. Data Uji Statistik dengan *One-Sample Test*

Dosis rata-rata /th	Test Value = 5000					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
	-9761,000	7	,000	-4880,5000	-4881,6823	-4879,3177

Hasil uji statistik *One-Sample T Test* didapatkan hasil t hitung -9761 dengan hasil signifikansi 0.000. Dari hasil pengujian statistik disimpulkan bahwa H_a ditolak dan H_o diterima,

artinya laju dosis pekerja radiasi di bawah NBD yang ditetapkan dengan signifikansi 0,000.

PEMBAHASAN

Pelayanan di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta merupakan tempat pelayanan penunjang medik dengan menggunakan sumber radiasi sinar-X, dalam pelaksanaan kegiatannya dilakukan secara aman sesuai dengan persyaratan keselamatan radiasi yang telah diterbitkan oleh pemerintah dalam Peraturan Pemerintah nomor 33 tahun 2007 tentang Keselamatan dan kesehatan terhadap radiasi pengion dan surat keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir nomor 01/Ka-Bapeten/V-99 yaitu NBD bagi pekerja radiasi bagi di bawah 50 mSv/thn dan masyarakat umum di bawah 5 mSv/thn.

Perbandingan tebal dinding penahan radiasi di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta yang dibangun dari bahan beton (18 cm), berlapis dengan Pb (1mm), dan pintu pasien, pintu operator yang telah dilapis Pb setebal 2m serta kaca intip setebal 5 mm sudah memenuhi persyaratan keselamatan radiasi baik untuk pekerja radiasi dan masyarakat umum. Hasil perhitungan tebal maksimal penahan radiasi secara teoritis untuk disain ruangan adalah 17,8 cm. Dari pengukuran dosis radiasi di luar seluruh dinding penahan radiasi adalah 0,00 mrem pada saat dilakukan penyinaran.

Hasil penelitian yang diperoleh, pengukuran laju paparan radiasi yang dihasilkan pesawat sinar-X pada kondisi operasional maksimum (100 kV; 200 mA dan 0,3 detik) tanpa obyek pada posisi vertikal adalah 0,62 /dtk atau 2,232 R/jam. Hal ini disebabkan pesawat sinar-X untuk pelayanan di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta beroperasi pada arus 200 mA yang berpengaruh pada intensitas atau kuantitas radiasi, sedangkan pengukuran diluar ruang penyinaran adalah 0,00 mR/jam.

Untuk meminimalkan efek radiasi yang ditimbulkan oleh sinar-X pada pasien yang merupakan salah satu pelaksanaan keselamatan radiasi terhadap pasien yaitu dengan memasang Pb atau Apron pada daerah sekitar tubuh yang tidak dilakukan penyinaran sinar-X sehingga yang tersinari oleh sinar-X daerah yang diperlukan untuk diagnosis dokter.

Laju dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi dan masyarakat umum di sekitar Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta (0,00 mR/jam) jauh dari NBD yang dipersyaratkan,

artinya instalasi dapat dinyatakan aman. Secara umum dapat dinyatakan bahwa pengelola rumah sakit sangat peduli dengan keselamatan masyarakat akan bahaya radiasi. Pembangunan gedung unit radiologi harus memperhatikan kualitas bahan untuk penahan radiasi. Disamping itu, pekerja radiasi harus selalu menggunakan peralatan proteksi radiasi agar selalu terkontrol radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi tersebut

Dosis rerata yang diterima oleh pekerja radiasi (119,5 mrem/thn) . Dibandingkan dengan NBD yang diatur dalam surat keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir nomor 01/Ka-Bapeten/V-99 jauh di bawah 5000 mrem/thn atau 50 mSv/thn. Hasil uji statistik *One-Sample T Test* menunjukkan dengan nilai signifikan 100% yaitu dosis pekerja radiasi masih jauh di bawah NBD yang ditetapkan, sehingga dapat dinyatakan bahwa pelayanan menggunakan pesawat sinar-X di Unit radiologi RSUD Kota Yogyakarta aman bagi pekerja radiasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Laju paparan radiasi yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X pada kV operasional maksimum (100 kV; 200 mA dan 0,3 detik) adalah 2,232 R/jam
2. Hasil pengukuran laju dosis yang diterima pekerja dan masyarakat di luar ruang penyinaran adalah 0,00 mrem/jam.
3. Dosis rata – rata pekerja radiasi dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2007 adalah 119,5 mrem/tahun dibandingkan dengan NBD yang telah ditentukan, masih jauh di bawah dengan nilai signifikansi 100%

DAFTAR PUSTAKA

1. BAPETEN, 1999, Surat Keputusan Kepala Bapeten nomor 01/Ka-Bapeten/V-99 tentang Kesehatan terhadap radiasi pengion, Jakarta
2. BATAN, 2005, Disain Penahan Ruang Sinar – X, Pusdiklat, BATAN, Jakarta
3. DEPKES RI, 1999, Pedoman Peningkatan Quality Assurance. Fasilitas Pelayanan Radiologi, Jakarta.
4. BATAN, 2005, *Dasar Proteksi Radiasi*, Pusdiklat, BATAN, Jakarta.

5. BATAN, 2005, *Ketentuan Keselamatan Radiasi*, Pusdiklat, BATAN, Jakarta.
6. Cember, H, 1992, *Introduction to Health Physics*. Second Edition, McGraw – Hill, Inc New York.

(mA) yang kecil dengan kV sampai di bawah 400 kVolt.

TANYA JAWAB

Pertanyaan:

1. Dalam ketentuan, tebal penahan radiasi dihitung dengan asumsi kV dan mA maksimum, sedangkan dalam makalah ini digunakan kV dan mA yang belum maksimum. Apakah tebal dinding dalam perhitungan ini valid terhadap keselamatan radiasi? (Nugroho Tri Sanyoto)
2. Dengan waktu pengukuran yang singkat, bagaimana mengukur laju paparan pesawat Sinar-X?(Fanny WR)
3. Apa perbedaan pesawat sinar-X medik dan industri! (Assef Firnando F)

Jawaban:

1. Memang dalam ketentuan desain penahan radiasi dibuat pada kondisi maksimum, akan tetapi dalam praktek sehari-hari untuk pesawat X-Ray Diagnostik yang sering digunakan di bawah tegangan 100 kV, biasanya antara 60 s.d. 80 kV, sehingga dengan asumsi 100 kV sudah cukup valid.
2. Karena waktu paparan yang cukup singkat, (0,3 detik), pengukuran laju dosis dengan surveymeter tidak dimungkinkan, karena respon surveymeter tidak/belum nampak, maka untuk pengukuran dengan waktu yang singkat digunakan alat pengukur dosis . Dalam praktek digunakan minidose 6100. Laju dosis dihitung dengan membagi dosis hasil pengukuran terhadap waktu yang digunakan.
3. Pesawat Sinar-X Diagnostik biasanya yang dipentingkan adalah arus yang besar, karena yang diperlukan adalah intensitas radiasi, sedangkan untuk sinar-X industri yang diperlukan adalah daya tembus berkas sinar-X yang terkait dengan tegangan (kV). Biasanya untuk pesawat diagnostik digunakan arus (mA) yang tinggi dengan kV antara 40 s.d. 80 kV. Untuk industri biasanya digunakan pesawat dengan arus

