

PENGUKURAN PAPARAN RADIASI PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIODIAGNOSTIK UNTUK PROTEKSI RADIASI

Rudi, Pratiwi, Susilo

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang Gunungpati, Semarang. Jawa Tengah,

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima November 2012
Disetujui November 2012
Dipublikasikan Mei 2013

Kata kunci:
Paparan
Pesawat Sinar-X
Proteksi
Radiasi
Radiodiagnostik.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengukuran paparan radiasi pada pesawat Sinar-X di instalasi Radiodiagnostik dengan menggunakan surveymeter digital. Pengukuran dilakukan pada tabung sumber sinar-X dan di lingkungan ruang pesawat Radiodiagnostik RS dr Kariadi Semarang. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui paparan radiasi pada tabung dan lingkungan pesawat Sinar-X Radiodiagnostik. Manfaat penelitian ini, diketahuinya tingkat keamanan pesawat Sinar-X di ruang Radiodiagnostik yang digunakan untuk Radiografi Digital. Paparan tertinggi tabung sinar-X berada di atas tabung sebesar 0,153 mR/jam, sedangkan paparan tertinggi di lingkungan ruang pesawat sinar-X berada di ruang operator CR (Computed Radiography) sebesar 0,031 mR/jam. Tingkat paparan tertinggi tersebut jauh dibawah 100 mR/jam (pada tabung) dan 0,25 mR/jam (untuk lingkungan) intensitas yang diperbolehkan. Dapat disimpulkan bahwa tabung dan lingkungan pesawat sinar-X termasuk layak dipakai dan aman ditempati. Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya perlu juga dilakukan uji kebocoran tabung dengan memfungsikan sistem kolimator yang rusak.

Abstract

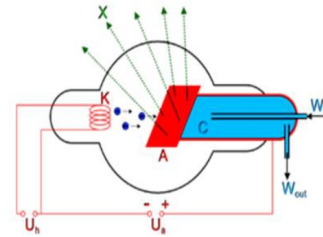
There had been a research on the measurement of radiation exposure to X-rays in the aircraft Radiodiagnostic installations using digital surveymeter. The measurements were done on X-ray tube source and in the environment of dr. Kariadi's Radiodiagnostic aircraft space. The purpose of this study was to determine the radiation exposure on the tube and the environment Radiodiagnostik aircraft X-rays. The benefit of this research was to find out the level of aircraft safety of the X-rays in Radiodiagnostic space used for Digital Radiography. The highest exposure of X-ray tube was over the tube of 0.153 mR / hr, whereas the highest exposure in the environment of space aircraft X-ray operator was in the CR (Computed Radiography) of 0.031 mR / hr. The highest exposure levels are far below 100 mR / h (on tube) and 0.25 mR / hr (for environment) allowed intensity. It can be concluded that the tubes and the aircraft environment, including appropriate X-rays used and occupied safely. As a suggestion for further research is that there should be leak test tube using broken collimator system.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan radiasi pengion dalam bidang Radiodiagnostik untuk berbagai keperluan medik perlu memperhatikan dua aspek, yaitu resiko dan manfaat yang dicapai. Fakta menunjukkan bahwa instalasi radiologi bisa sangat rawan jika pengukuran proteksi dan paparan radiasi tidak dilakukan. Dampaknya secara langsung akan dirasakan oleh radiografer dan dampak yang tidak langsung akan dirasakan oleh masyarakat sekitar. Dengan demikian, sesuai dengan Peraturan Pemerintah Tahun 2007 tentang Keselamatan dan Kesehatan terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion perlu adanya pengukuran paparan radiasi pesawat Sinar-X untuk proteksi radiasi, karena sangat penting bagi keperluan proteksi radiasi bagi petugas, pasien dan masyarakat. Hal ini merupakan salah satu bentuk program quality control bidang Radiodiagnostik. Hal ini dapat dilakukan dengan mengadakan pengukuran kebocoran tabung pada pesawat Sinar-X dan pengukuran paparan radiasi. Untuk pengukuran paparan radiasi disekitar tabung pada pesawat Sinar-X, tolok ukur tingkat paparan radiasi tidak boleh lebih dari 100 mR/jam. Sedangkan paparan radiasi sesuai dengan prosedur pemeriksaan yaitu tolok ukur tingkat paparan radiasi yang ditempati oleh pekerja radiasi tidak boleh melebihi 2,5 mR/jam, untuk penduduk umum tidak boleh melebihi 0,25 mR/jam (Siemens 2003).

Sebagai dasar teorinya, sejarah singkat ditemukannya Sinar-X dimulai pada tanggal 8 November 1895, Wilhelm Conrad Roentgen seorang profesor fisika dan rektor Universitas Wuerzburg di Jerman dengan sungguh-sungguh melakukan penelitian tabung sinar katoda. Roentgen membungkus tabung dengan suatu kertas hitam agar tidak terjadi kebocoran fotoluminesensi dari dalam tabung ke luar, kemudian dia membuat ruang penelitian menjadi gelap. Pada saat membangkitkan sinar katoda, dia mengamati sesuatu yang di luar dugaan. Pelat fotoluminesensi yang ada di atas meja mulai berpendar di dalam kegelapan. Walaupun dijauhkan 1 m dari tabung, pelat masih tetap berpendar. Roentgen berpikir pasti ada jenis radiasi baru yang belum diketahui terjadi di dalam tabung sinar katoda dan membuat pelat fotoluminesensi berpendar. Radiasi ini disebut Sinar-X yang maksudnya adalah radiasi yang belum diketahui. Gambar 2.1

menunjukkan tabung Sinar-X dengan pendingin.



Gambar 1 Tabung Sinar-X dengan pendingin (Wikipedia 2008).

Keterangan :

K: filamen

A: anoda

X: Sinar-X

Win :saluran air yang masuk dari alat pendingin (C)

Wout:saluran air yang keluar dari alat pendingin (C)

Us:sumber tegangan tinggi (untuk exposure)

Uh:tegangan pada heater

Pada tahun itu juga Roentgen mempublikasikan laporan penelitiannya. Berikut ini adalah sifat-sifat Sinar-X menurut Roentgen :

1.Sinar-X dipancarkan dari tempat yang paling kuat tersinari oleh sinar katoda. Intensitas cahaya yang dihasilkan pelat fotoluminesensi, berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik terjadinya Sinar-X dengan pelat fotoluminesensi.

2.Meskipun pelat dijauhkan sekitar 2 m, cahaya masih dapat terdeteksi.

3.Sinar-X dapat menembus buku 1000 halaman tetapi hampir seluruhnya terserap oleh timbal setebal 1,5 mm.

4.Pelat fotografi sensitif terhadap Sinar-X.

5.Ketika tangan terpapari Sinar-X di atas pelat fotografi, maka akan terGambar foto tulang tersebut pada pelat fotografi.

6.Lintasan Sinar-X tidak dibelokkan oleh medan magnet (daya tembus dan lintasan yang tidak terbelokkan oleh medan magnet merupakan sifat yang membuat Sinar-X berbeda dengan sinar katoda). Karena tidak dibelokkan oleh medan magnet, maka orang tahu bahwa Sinar-X berbeda dengan sinar katoda (Yudhi 2008).

Pada saat itu belum ditemukan

fenomena interferensi dan difraksi, oleh karena itu muncul persaingan antara teori partikel dengan teori gelombang untuk menjelaskan esensi atau substansi Sinar-X. Teori partikel dikemukakan antara lain oleh W.H. Bragg, teori gelombang dikemukakan antara lain oleh Stokes dan C.G. Barkla. Sejak saat itu teori gelombang didukung oleh lebih banyak orang. Pada tahun 1912, fenomena difraksi Sinar-X oleh kristal ditemukan oleh Max von Laue dan kemudian dapat dipastikan bahwa Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik. Tahun 1922 Compton menemukan efek Compton berdasarkan penelitian hamburan Compton. Berdasarkan penelitian Sinar-X ia dapat memastikan bahwa gelombang elektromagnetik memiliki sifat dualisme gelombang dan materi (partikel) (Yudhi 2008).

Ada beberapa sifat Sinar-X menurut Beiser :

1.Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang (0,02-10) Å sehingga termasuk gelombang di luar daerah cahaya tampak.

2.Seperti gelombang elektromagnetik lainnya, Sinar-X dapat merambat seperti halnya laju cahaya.

3.Sinar-X tidak dapat dibelokkan oleh lensa atau prisma, namun dapat dihamburkan oleh kristal.

4.sinar-X juga mengalami serapan selama proses transmisi di dalam bahan sehingga daya tembus Sinar-X bergantung pada jenis materi dan energinya.

Sinar-X merupakan radiasi pengion sehingga mampu menghasilkan elektron-elektron bebas di dalam materi. Bila mengenai makhluk hidup, maka Sinar-X mampu merusak sel-sel hidup (Halmshaw 1986).

Adanya dua jenis Sinar-X menyebabkan munculnya dua macam spektrum Sinar-X, yaitu spektrum kontinyu yang lebar untuk spektrum bremsstrahlung dan dua buah atau lebih garis tajam untuk Sinar-X karakteristik (Akhadi 2002).

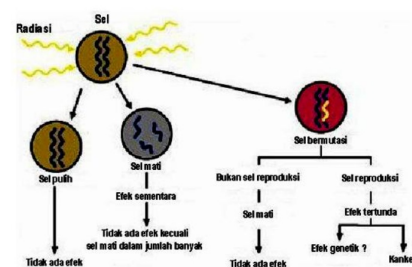
Bahan anoda target yang digunakan pesawat Sinar-X biasanya dari bahan Mo (Molybdenum) dan W (Tungsten) juga dikenal dengan Wolfram (Wikipedia 2009). Anoda target merupakan sasaran (target) yang akan ditembak oleh elektron yang dilengkapi

dengan bidang focus (focal spot). Permukaan anoda membentuk sudut dengan kemiringan 45o. Kemiringan ini untuk mendapatkan fokus efektif agar sinar x yang keluar dari tabung dapat terarah (Electromedical 2008).

Jika radiasi mengenai tubuh manusia, ada 2 kemungkinan yang dapat terjadi: berinteraksi dengan tubuh manusia, atau hanya melewati saja. Jika berinteraksi, radiasi dapat mengionisasi atau dapat pula mengeksitasi atom. Setiap terjadi proses ionisasi atau eksitasi, radiasi akan kehilangan sebagian energinya. Energi radiasi yang hilang akan menyebabkan peningkatan temperatur (panas) pada bahan (atom) yang berinteraksi dengan radiasi tersebut. Dengan kata lain, semua energi radiasi yang terserap di jaringan biologis akan muncul sebagai panas melalui peningkatan vibrasi (getaran) atom dan struktur molekul. Ini merupakan awal dari perubahan kimiawi yang kemudian dapat mengakibatkan efek biologis yang merugikan. Gambar 3 menunjukkan efek radiasi terhadap manusia.

Radiasi tidak dapat dideteksi secara langsung dengan menggunakan panca indera, namun dapat dideteksi dengan menggunakan peralatan khusus yang disebut Detektor Radiasi. Macam-macam detektor, misalnya: film fotografi, tabung Geiger-Muller, pencacah sintilasi, bahan termoluminesensi maupun dioda silikon.

Radiasi memiliki beberapa satuan



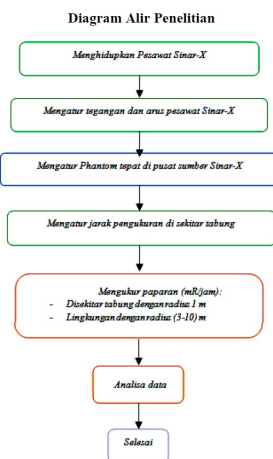
Gambar 2 Efek Radiasi Terhadap Manusia (Yudhi 2008)

misalnya R, Gy, Sv, Rad, Ram, Bq dan Ci. Dalam penelitian ini digunakan satuan mR/jam yang sesuai dengan satuan acuan dari PT Siemens Indonesia dan sesuai juga dengan satuan skala pada alat ukur radiasi (digital surveymeter) yaitu mR/hr.

Metode Penelitian

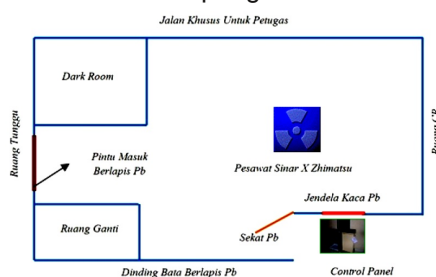
Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengukuran dan penelitian langsung di divisi Radiologi ruang IVP Radiodiagnostik RS Dr. Kariadi Semarang.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

Denah lokasi pengukuran



Gambar 3. Denah lokasi pengukuran.

Analisa Data

Analisa data dapat dilakukan dengan mengolah data pengukuran, baik di sekitar tabung maupun di sekitar ruang pesawat Sinar-X. Rerata data yang telah diolah selanjutnya dilakukan verifikasi data menurut acuan paparan radiasi yang telah diizinkan. Untuk pengukuran paparan tabung pada pesawat Sinar-X, tolok ukur tingkat paparan radiasi tidak boleh lebih dari 100 mR/jam. Tolok ukur paparan radiasi yang ditempati oleh pekerja radiasi tidak boleh melebihi 2,5 mR/jam, sedangkan untuk penduduk umum tidak boleh melebihi 0,25 mR/jam (Siemens 2003).

Hasil dan Pembahasan

Para petugas instalasi nuklir (termasuk di dalamnya adalah fasilitas radiodiagnostik dengan Sinar-X) sesuai dengan segala ketentuan yang berlaku, wajib menyusun program proteksi radiasi sejak proses perencanaan, tahap pembangunan instalasi, dan pada tahap operasi. Program ini dimaksudkan untuk menekan serendah mungkin kemungkinan terjadinya penyinaran radiasi yang tidak dikehendaki. Oleh sebab

itu, perlu adanya penerapan prinsip keselamatan radiasi dalam pengoperasian suatu instalasi nuklir sesuai dengan yang direkomendasikan oleh Komisi Internasional untuk Perlindungan Radiologi (ICRP).

Untuk menciptakan kondisi kerja yang aman, harus mengikuti kaidah-kaidah yang telah digariskan. ICRP menekankan tiga azas dalam pemanfaatan teknik nuklir dalam berbagai bidang kegiatan. Ketiga azas tersebut adalah justifikasi atau pembenaran, optimisasi proteksi, dan pembatasan penerimaan dosis. Azas optimisasi dimaksudkan agar kemungkinan penerimaan paparan radiasi oleh pekerja maupun anggota masyarakat dapat ditekan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi. Jadi, penekanan penerimaan paparan radiasi ini tidak bisa dilakukan hanya dengan mengandalkan pada aspek teknis, misalnya menggunakan peralatan atau teknologi terbaik yang belum tentu layak secara ekonomi.

Untuk memenuhi azas optimisasi tadi, telah diperkenalkan tiga falsafah dasar proteksi radiasi, yaitu pengaturan waktu ketika berada di tempat radiasi, pengaturan jarak yang aman terhadap sumber radiasi, dan penggunaan perisai radiasi. Dua falsafah dasar proteksi radiasi, yaitu pengaturan waktu dan jarak, merupakan cara yang sangat sederhana untuk menekan penerimaan paparan radiasi selama menjalankan tugas, dan keduanya dapat dilakukan oleh setiap pekerja meski hanya dengan fasilitas proteksi radiasi yang sederhana.

Satu hal yang sangat $\pm 20 \text{ cm}$ penting agar setiap pekerja mampu mengenali medan tempatnya melakukan pekerjaan adalah adanya informasi yang jelas mengenai tingkat radiasi pada titik-titik tertentu yang harus menjadi perhatiannya. Dengan informasi tingkat radiasi ini, setiap pekerja mampu mengatur waktu keberadaannya di tempat radiasi, menghindari tempat radiasi jika tidak perlu, serta mencari posisi yang aman dari radiasi dalam menjalankan tugasnya. Oleh sebab itu, adanya pengukuran tingkat paparan radiasi di tempat kerja akan sangat banyak membantu setiap pekerja radiasi dalam upaya membatasi penerimaan paparan radiasi selama menjalankan tugas di medan radiasi.

Data hasil pengukuran tingkat paparan radiasi di fasilitas radiodiagnostik

Rumah Sakit dr Kariadi disajikan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 2. Tabel tersebut menyajikan rerata paparan radiasi, masing-masing untuk paparan pada tabung dan paparan disekitar ruang pesawat Sinar-X. Data paparan tersebut diperoleh secara langsung dari hasil pengukuran paparan dengan surveymeter yang dipasang pada titik-titik pengukuran.

Hasil Pengukuran Paparan Radiasi Pada Tabung Pesawat Sinar X

Hasil pengukuran paparan pada tabung pesawat Sinar-X dari tiap-tiap titik menunjukkan nilai yang beragam, yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Akumulasi hasil pengukuran paparan radiasi pada tabung pesawat Sinar-X.

| No | Posisi | Jarak dari sumber (m) | Paparan (mR/jam) |
|----|---------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Samping Kiri | 1 | $0,137 \pm 0,022$ |
| 2 | Samping Kanan | 1 | $0,142 \pm 0,045$ |
| 3 | Atas | 1 | $0,153 \pm 0,026$ |
| 4 | Bawah | 1 | $0,026 \pm 0,002$ |
| 5 | Belakang | 1 | $0,140 \pm 0,022$ |
| 6 | Depan | 1 | $0,137 \pm 0,025$ |

Setiap titik atau posisi pengukuran yang dikategorikan aman dan tidak membahayakan. Intensitas tertinggi terdapat pada titik bagian atas tabung sebesar $I = (0,153 \pm 0,026)$ mR/jam dan untuk paparan terendah terdapat pada bagian bawah tabung sebesar $I = (0,026 \pm 0,002)$ mR/jam.

Sesuai dengan hasil analisa di atas, bagi petugas seperti radiografer dan teknisi mendapatkan paparan yang aman jika berada di radius 1 m dari tabung. Akan tetapi faktor yang menyebabkan besarnya radiasi yang diterima secara umum adalah waktu paparan. Dosis radiasi yang diterima oleh petugas selama berada dalam medan radiasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$D = \text{Laju Dosis} \times \text{waktu}$ (Suratman 1996)

Hal itu dapat diantisipasi dengan membatasi waktu jika berada di daerah dekat dengan tabung Sinar-X yang sedang bekerja. Biasanya petugas melakukan ekspose (penyinaran) dengan mengenakan apron (perisai radiasi dari bahan Pb). Dengan berlindung di belakang apron secara otomatis radiasi yang di pancarkan oleh tabung akan di redam oleh apron. Biasanya seorang radiografer akan memakai baju apron bila langsung berhadapan dengan sumber Sinar-X, jika dibalik dinding radiografer tidak memakai. Hal tersebut dikarenakan konstruksi dinding pada ruangan ini sudah memenuhi standar keamanan dengan tebal

dinding 30 cm dari bahan batu bata dipleser adukan Portland semen dan pasir. Dinding juga di lapisi Pb dengan tebal 2 mm, yang membuktikan keamanan bagi petugas dan masyarakat.

Hasil pengukuran paparan radiasi di lingkungan ruang pesawat Sinar-X.

Berikut adalah hasil dari keseluruhan pengukuran menurut rata-rata paparan radiasi di setiap titik, yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Akumulasi hasil pengukuran paparan radiasi di lingkungan ruang pesawat Sinar-X.

| No | Posisi | Jarak (m) dari Sumber | Paparan (mR/jam) |
|----|----------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Ruang Tunggu | 6 | $0,025 \pm 0,001$ |
| 2 | Kontrol Panel | 2 | $0,026 \pm 0,003$ |
| 3 | Jalan Khusus Petugas | 2 | $0,025 \pm 0,002$ |
| 4 | Ruang Operator CR | 2 | $0,031 \pm 0,001$ |
| 5 | Ruang Ganti | 2 | $0,027 \pm 0,002$ |

Dari data Tabel 2 intensitas paparan radiasi tertinggi berada di ruang CR sebesar $I = (0,031 \pm 0,001)$ mR/jam, sedangkan intensitas paparan radiasi terendah sebesar $I = (0,025 \pm 0,001)$ mR/jam di ruang tunggu dan $I = (0,025 \pm 0,002)$ mR/jam pada jalan khusus petugas. Hasil tersebut diatas masih dikategorikan paparan yang aman bagi petugas dan lingkungan sekitar. Akan tetapi sangat pentingnya pembatasan waktu petugas berada dalam radius tersebut, dikarenakan besar akumulasi paparan yang terserap dalam tubuh sangat bergantung pada lamanya petugas yang berada dalam medan radiasi. Secara keseluruhan hasil paparan sudah memenuhi standar keamanan yang dibuktikan minimnya paparan radiasi di sekitar pesawat Sinar-X di instalasi Radiodiagnosis RS dr Kariadi Semarang.

Simpulan

Paparan tertinggi tabung Sinar-X berada di atas tabung sebesar 0,153 mR/jam, sedangkan paparan tertinggi di lingkungan ruang pesawat Sinar-X berada di ruang CR sebesar 0,031 mR/jam. Tingkat paparan tertinggi tersebut sebagai bukti bahwa intensitas paparan di tiap-tiap titik pengukuran masih berada jauh dibawah intensitas yang diizinkan. Sesuai dengan acuan peraturan dari RS dr Kariadi yang menunjuk PT Siemens Indonesia sebagai mitra kendali mutu yang menganjurkan tingkat paparan radiasi tabung tidak boleh lebih dari 100 mR/jam pada jarak 1 m dari sumber Sinar-X pada setiap arah, sedangkan tingkat paparan radiasi yang ditempati oleh pekerja radiasi tidak boleh melebihi 2,5

mR/jam untuk penduduk umum tidak boleh melebihi 0,25 mR/jam. Oleh Sebab itu hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa tabung dan lingkungan pesawat Sinar-X di ruang IVP yang digunakan untuk sistem Radiografi Digital termasuk aman dan layak digunakan.

Ucapan Terimakasih

Kami ucapkan terimakasih kepada Unit Radiagnostik Rumah Sakit Kariadi Semarang atas dukungan dan bantuannya dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

Akhadi, Muhlis. 2002. Pancaran Sinar-X Karakteristik untuk Pemeriksaan Medis. Online. www.tempointeraktif.com [diakses 23/06/07].

Beiser, A. 1984. Concept of Modern Physics (3rd ed). Singapore: Mc-Graw Hill.

Electromedical. 2008. Dasar-dasar pesawat Roengent. Online: electromedicalengineering.blogspot.com [diakses 12/02/09]

Halmshaw, R. 1986. Industrial Radiography. Agfa-Gevaert N.V: AGFA

Siemens. 2003. Pengukuran Proteksi dan Paparan Radiasi. Jakarta: PT Siemens Indonesia.

Suratman. 1996. Introduksi Proteksi Radiasi Bagi Siswa/Mahasiswa Praktek. Batan-Yogyakarta: Puslitbang Teknologi Maju.

Tim Pusdiklat Batan. Pengenalan Radiasi. Online. www.batan.go.id [diakses 06/01/08].

Wikipedia. 2008. X-Ray Tube. en.wikipedia.org [diakses 11/03/08].

Yudhi. Pengenalan Nuklir. www.infonuklir.com [diakses 27/01/08].