

UJI KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X MERK/ TYPE MEDNIF/SF-100BY DI LABORATORIUM FISIKA MEDIK MENGGUNAKAN UNIT RMI

D Martina [✉] Susilo, Sunarno

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2015
Disetujui September 2015
Dipublikasikan Oktober 2015

Keywords:
Collimator, Program Quality Control (QC), Digital Radiography

Abstrak

Pengujian kolimator merupakan salah satu program *Quality Control* (QC) pesawat sinar-X, salah satu pengujian kolimator dengan menggunakan unit RMI. Tujuan pengujian kolimator adalah untuk mengetahui kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X dalam toleransi $\leq 2\%$ *Focus Film Distance* (FFD) yang telah ditentukan oleh Keputusan Menteri Kesehatan No. 1250/SK/XII/2009. Penelitian dilakukan menggunakan variasi FFD pada jarak 117cm, 107cm, 97cm, 87cm, dan variasi faktor eksposi yang dibedakan pada besar tegangannya (kV). Dalam penelitian ini menggunakan unit radiograf digital (DR), tidak lagi menggunakan radiograf konvensional seperti penelitian-penelitian sebelumnya. Penyimpangan atau ketidaksesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X dilakukan dengan cara mengevaluasi batas tegas garis yang dibentuk oleh sumbu X dan sumbu Y, kemudian menentukan titik tengah antara batas tegas garis dan batas radiasi hambur. Hasil penyimpangan disimpulkan bahwa pesawat sinar-X tersebut mengalami penyimpangan melebihi toleransi $\leq 2\%$ FFD yang terjadi pada bagian vertikal (Y_n).

Abstract

Testing collimator is one program of Quality Control (QC) plane of X-rays, a collimator testing using RMI unit. The purpose of testing is to determine the suitability collimator spacious airy spacious airy collimators with X-ray beam in tolerance $\leq 2\%$ Focus Film Distance (FFD), which have been determined by the Ministry of Health Decree No. 1250 / SK / XII / 2009. Studies have been conducted using variations of FFD is at a distance of 117cm, 107cm, 97cm, 87cm, and a variety of factors that distinguished the great eksposi voltage (kV). What distinguishes this study using digital radiographs unit (DR) is no longer using conventional radiographs as previous studies. Deviations or nonconformance spacious airy spacious airy collimators with X-ray beam is done by evaluating well defined line formed by the X axis and Y axis, and then determine the midpoint between the firm boundaries and boundary lines scatter radiation. The results concluded that the irregularities plane X-rays are experiencing deviations exceed the tolerance $\leq 2\%$ FFD that occurs in the vertical (Y_n).

© 2015 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
E-mail: [dwimartinaphysics@gmail.com](mailto:dwymartinaphysics@gmail.com)

ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

Sinar X atau sinar Rontgen merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang sangat pendek ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$), sehingga mempunyai daya tembus yang tinggi. Menurut Carlton seperti dikutip Boddy (2013), ada 2 tipe kejadian dalam proses menghasilkan sinar-X, yaitu sinar-X Bremsstrahlung dan sinar-X Karakteristik. Sinar-X yang diproduksi dengan jalan menembaki target logam dengan elektron cepat dalam satu tabung vakum sinar katoda. Ketika elektron menabrak target logam, maka sinar-X akan terpancar dari permukaan logam tersebut yang dikenal dengan sinar-X Bremsstrahlung (Busberg 2001). Sinar-X dapat juga terjadi melalui proses perpindahan elektron atom dari tingkat lebih tinggi menuju ke tingkat energi lebih rendah. Karena setiap jenis atom memiliki tingkat energi elektron yang berbeda-beda, maka sinar-X yang terbentuk disebut sinar-X karakteristik dengan spektrum energi diskrit.

Uji Kesesuaian (*Compliance Testing*) adalah uji untuk memastikan bahwa pesawat Sinar-X memenuhi persyaratan keselamatan radiasi dan memberikan informasi diagnosis atau pelaksanaan radiologi yang tepat dan akurat (Chadidjah 2012). Uji kesesuaian merupakan dasar dari suatu program jaminan mutu radiologi diagnostik yang mencakup sebagian tes program jaminan mutu, khususnya parameter yang menyangkut keselamatan radiasi. Tujuan utama Program Jaminan Kualitas (*Quality Assurance Program*) pada Instalasi Radiologi adalah diagnosa pasien yang tepat dan akurat. Tujuan ini akan terkait dengan program jaminan kualitas menyeluruh yang disesuaikan dengan kebutuhan fasilitas yang mencakup 3 (tiga) hal, yaitu: mengurangi paparan radiasi, peningkatan citra diagnostik dan siasat penekanan biaya (Dwi 2008).

Mutu diartikan sebagai penjamin pencapaian tujuan atau luaran yang diharapkan dan mutu harus selalu mengikuti perkembangan pengetahuan profesional terkini. Untuk itu mutu harus diukur dengan derajat pencapaian tujuan dan harus memenuhi berbagai standar/spesifikasi (ISO 2000).

Untuk menjamin mutu pelayanan kesehatan maka berbagai komponen *input*, *process* dan *output*

harus ditetapkan secara jelas dan rinci, antara lain mencakup aspek manajemen dan teknis dengan berpedoman pada pencapaian visi serta pewujudan misi yang ditetapkan bersama. Salah satu kegiatan jaminan mutu adalah kegiatan kendali mutu (*QC*) (Anonim 2009). Pengujian kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X merupakan salah satu program dalam QC. Pengujian kolimator dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, salah satunya adalah dengan alat uji kolimator Unit RMI (*Collimator Tool dan Beam Alligment Test Tool*) yang dirancang untuk mengevaluasi kolimator. Sesuai Keputusan Menteri Kesehatan No. 1250/SK/XII/2009, bahwa gambaran pertengahan lapang sinar-X harus berada diantara 2% (maksimum) dari jarak fokus ke bidang film/*Focus Film Distance* (FFD) terhadap pertengahan lapangan penyinaran berkas cahaya kolimator dalam perencanaan bayangan.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan observasi. Penelitian ini menggunakan beberapa variasi antara lain, variasi FFD yaitu pada jarak 117 cm, 107 cm, 97 cm, dan 87 cm juga variasi lain yang digunakan adalah variasi faktor eksposi yaitu I (57,5 kV, 32 mA, 0,125 s), II (60 kV, 32 mA, 0,125 s), dan III (62,5 kV, 32 mA, 0,125 s). Kemudian dilakukan penyinaran sinar-X menggunakan sistem radiograf digital yang ada di Laboratorium Fisika Medik.

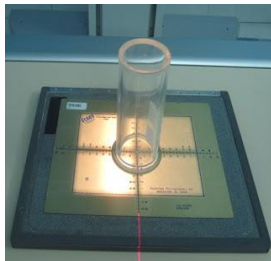
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengujian kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X sebagai salah satu program QC pada pesawat sinar-X merk/type Mednif/SF-100BY yang ada masih dalam standar 2% dari jarak fokus ke FFD yang telah ditentukan oleh Keputusan Menteri Kesehatan No. 1250/SK/XII/2009.

METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu menyiapkan sistem digital radiograf, mengatur tabung dan memastikan posisi tabung dan sistem radiografi digital tidak dalam kondisi miring. Langkah berikutnya mengatur FFD dengan beberapa variasi yaitu 117 cm, 107 cm, 97

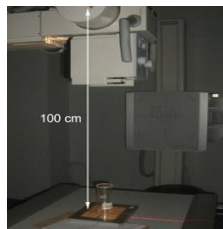
cm, dan 87 cm dan menempatkan *Collimator Tool* dan *Beam Alligment Test Tool* di atas permukaan sistem digital radiografi. Kolimator diatur sedemikian rupa sehingga bidang lampu kolimator sebangun dengan garis rectangular yang ada di plat *Collimator Tool* seperti pada Gambar 1. Setelah semua alat dan bahan siap seperti pada Gambar 2, kemudian dilakukan penyinaran, agar dapat diperoleh densitas yang dapat diobservasi menggunakan beberapa faktor eksposi antara lain:

1. 57,5 kV, 0,125 s dan 32 mA
2. 60 kV, 0,125 s dan 32 mA
3. 62,5 kV, 0,125 s dan 32 mA



Gambar 1. Bidang lampu sebangun dengan garis rectangular

Pengujian kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang sinar-X dilakukan di Laboratorium Fisika Medik menggunakan Unir RMI (*Collimator Tool* dan *Beam Alignment Test Tool*). Data yang dihasilkan dalam bentuk gambar yang dibetuk oleh unit digital radiografi. Masing-masing data tersebut dievaluasi dengan melihat batas tegas garis yang dibentuk oleh sumbu X dan sumbu Y, menentukan titik tengah antar batas tegas garis dan batas radiasi hambur. Jarak antar titik tengah dengan batas garis pada sumbu X merupakan nilai X_n dan pada sumbu Y merupakan Y_n , yang digunakan untuk menghitung penyimpangan yang terjadi.



Gambar 2. Setting pengujian kongruensi kolimasi

Evaluasi diperlukan untuk menghasilkan hasil penelitian yang lebih baik. Evaluasi dalam penelitian ini meliputi hal-hal berikut:

- a. Standar toleransi penyimpangan luas lapang kolimator dengan luas lapang sinar-X

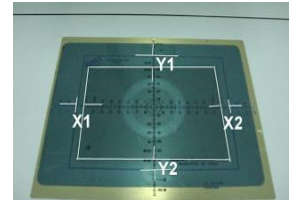
$$X_n \leq 2\% FFD$$

$$Y_n \leq 2\% FFD$$

dengan

$$X_n = X_1 + X_2$$

$$Y_n = Y_1 + Y_2$$



Gambar 3. Hasil uji kongruensi kolimasi (<http://www.gammex.com>)

- b. Standar toleransi penyimpangan titik pusat berkas sinar-X

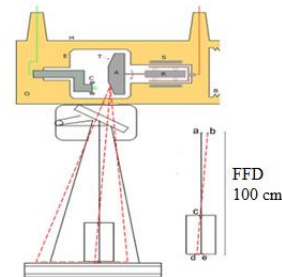
$$\theta \leq 3^\circ$$

dengan

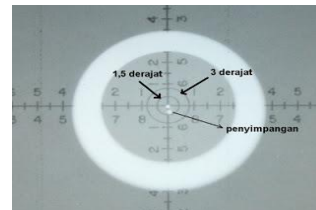
$$\tan \theta = \frac{ab}{ae}$$

$$\tan \theta = \frac{de \times ac}{ae \times ce}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{de \times ac}{ae \times ce}$$



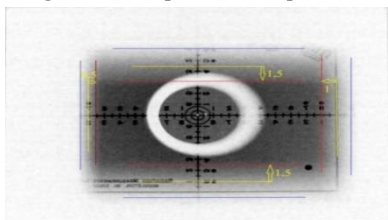
Gambar 4. Ilustrasi pengukuran penyimpangan titik pusat berkas Sinar-X (Wiyono 2010)



Gambar 5. Penyimpangan titik pusat berkas Sinar-X (Fluke 2005)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu contoh bentuk radiograf digital hasil pengujian kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X dengan menggunakan Unit RMI *Collimator Test Tool* dan *Beam Allignment* dapat dilihat pada Gambar 6.



Rata-rata hasil penyimpangan dapat ditunjukkan dalam Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan rata-rata pengujian penyimpangan kesesuaian luas **Gambar 6**. Hasil radiograf digital pengujian dengan FFD 87 cm dan faktor eksposi 62,5 kV; 32 mA; 0,125 s

Dapat juga langsung dilihat dari hasil radiograf digital pada Gambar 5.

lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X untuk semua variasi FFD dan variasi faktor eksposi.

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai penyimpangan bagian horizontal (X_n) dan bagian vertikal (Y_n) tertinggi terjadi pada pengukuran dengan menggunakan FFD tertinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa besar penyimpangan berbanding lurus dengan penambahan FFD. Hasil pengukuran penyimpangan arah sinar-X untuk semua variasi FFD dan variasi faktor eksposi pada setiap citra radiograf digital yang diperoleh selengkapnya dituangkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Rata-Rata Hasil Penyimpangan Bagian Horizontal (X_n) dan Bagian Vertikal (Y_n)

No	Sumbu	FFD(cm)	Toleransi (cm)	Faktor Eksposi			Rata-rata (cm)	Uji Kesesuaian
				1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)		
1	X	117	2,34	1,85	1,85	1,85	1,85	√
	Y			4	4	4	4	X
2	X	107	2,14	1,75	1,8	1,75	1,767	√
	Y			3,7	3,7	3,65	3,683	X
3	X	97	1,94	1,6	1,6	1,6	1,6	√
	Y			3,25	3,35	3,3	3,3	X
4	X	87	1,74	1,5	1,5	1,5	1,5	√
	Y			3	3	3	3	X

Keterangan: I: Faktor Eksposi 57,5 kV; 32 mA; 0,125 s; II: Faktor Eksposi 60 kV; 32 mA; 0,125 s

III: Faktor Eksposi 62,5 kV; 32 mA; 0,125 s; √: Sesuai dengan standar; X: Tidak sesuai dengan standar

Tabel 2. Hasil Pengujian Penyimpangan Titik Pusat Berkas Sinar-X

NO	FFD (cm)	Faktor Eksposi		
		I	II	III
1	117	1,5 ⁰	1,5 ⁰	1,5 ⁰
2	107	1,5 ⁰	1,5 ⁰	1,5 ⁰
3	97	< 3 ⁰	> 1,5	< 3 ⁰
4	87	> 1,5 ⁰	> 1,5 ⁰	> 1,5 ⁰

Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan pada penyimpangan titik pusat berkas sinar-X yang dipengaruhi variasi FFD dan faktor eksposi. Tabel tersebut juga menunjukkan semua hasil pengujian masih dalam toleransi penyimpangan titik pusat berkas sinar-X yaitu $\leq 3^0$.

Dua parameter dalam program pengujian *Quality Control* (QC) yang dilakukan meliputi:

1. Kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan akurasi pada kesamaan antara luas lapang kolimator dan luas lapang sinar-X. Perbandingan hasil pengujian berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan nomor 1250/SK/XII/2009 batas berkas sinar-X dan sinar kolimator masih dalam 2% dari FFD dengan syarat:

$$X_1 + X_2 \leq 2\% \text{ FFD}$$

$$Y_1 + Y_2 \leq 2\% \text{ FFD}$$

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 ditunjukkan hasil penyimpangan antara luas lapang kolimator dengan luas lapang sinar-X pada bagian horizontal dan vertikal, dari semua pengujian menunjukkan terjadi penyimpangan pada bagian vertikal.

Pada pengujian diambil penghitungan rata-rata penyimpangan dari variasi faktor eksposi yang digunakan, data yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 1 untuk bagian horizontal dan Tabel 2 untuk bagian vertikal. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada bagian horizontal terjadi penyimpangan yang masih dalam toleransi $\leq 2\%$ FFD pada setiap variasi FFDnya. Untuk bagian vertikal pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terjadi penyimpangan yang melebihi batas toleransi $\leq 2\%$ FFD pada setiap variasi FFDnya. Hal ini mungkin disebabkan pada pesawat sinar-X merk Mednif/SF-100BY di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang untuk posisi tabung sinar-X terjadi kemiringan. Hasil pengujian kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang sinar-X menggunakan variasi FFD dan rata-rata faktor eksposi menunjukkan semakin besar jarak FFD maka penyimpangan kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang sinar-X semakin besar juga ataupun sebaliknya.

2. Ketepatan titik pusat berkas sinar-X

Ketepatan titik pusat berkas sinar-X merupakan faktor yang penting untuk menentukan *Resolusi parsial* dalam gambaran radiograf. *Resolusi parsial* adalah kemampuan suatu alat dalam menampilkan gambaran dua obyek yang kecil yang saling berdekatan. Jika terjadi penyimpangan terhadap ketepatan titik pusat berkas sinar-X, maka

dapat mengakibatkan terjadinya magnifikasi dan distorsi pada gambaran radiograf.

Dalam pengujian ini untuk menentukan ketepatan titik pusat berkas sinar-X batas toleransi yang ditetapkan yaitu $\leq 3^\circ$. Dimana pada unit RMI *Collimator Test Tool* dan *Beam Alingments Test Tool* sudah diketahui jarak antar pusat berkas sinar-X dan lingkaran kecil 4 mm (0,4 cm) pada kemiringan $1,5^\circ$, sedangkan lingkaran besar dengan jarak 8 mm (0,8 cm) pada kemiringan 3° .

Sistem radiografi konvensional yang menggunakan film sebagai penangkap gambar dapat dimodifikasi menjadi sistem radiografi digital berbasis *intensifying screen*. Keunggulan sistem ini menurut Linuma (Susilo *et al.* 2012), antara lain adalah citra digital hasil dapat diproses lebih lanjut, misalnya dengan teknik pengolahan citra (*image processing, pattern recognition* dan *image archieving*) dan dapat disimpan dalam *harddisk*

Pengujian penyimpangan titik pusat berkas sinar-X terhadap pesawat sinar-X merk Mednif/SF-100BY di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang untuk variasi FFD maupun variasi faktor eksposi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa semua hasil pengujian masih dalam batas toleransi yang ditetapkan yaitu rata-rata pada penyimpangan $1,5^\circ$ dan penyimpangan terbesar hanya sebesar $< 3^\circ$.

Sesuai dengan penjelasan dua parameter yang dilakukan dalam pengujian *Quality Control* (QC) sebelumnya, maka pesawat sinar-X merk/type Mednif/SF-100BY di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang memiliki nilai penyimpangan yang melebihi batas toleransi pada bagian vertikal sehingga pesawat sinar-X tersebut dinyatakan dalam keadaan kurang baik. Keadaan tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas citra hasil radiograf yang dibentuk dan jumlah paparan radiasi yang melebihi standar yang ditentukan. Penyimpangan tersebut juga dapat disebabkan belum tersedianya perangkat peraturan yang memadai tentang pelaksanaan program jaminan mutu/kendali mutu instalasi radiologi, program perbaikan/perawatan, dan program uji kesesuaian. Upaya lebih lanjut atau langkah korektif apabila pesawat sinar-X yang diuji memiliki nilai penyimpangan yang melebihi nilai toleransi yaitu

instansi harus memastikan faktor penyebab penyimpangan, kemudian apabila ditemukan penyimpangannya masih dapat diperbaiki maka hanya perlu perbaikan, kalau memang tidak dapat diperbaiki maka dengan pertimbangan tertentu harus diganti atau penggunaannya dibatasi dengan kondisi penyinaran tertentu, dan pengguna terutama operator harus mengetahui karakteristik dan kondisi pesawat yang dipakainya. Upaya tindak lanjut tersebut harus dilaporkan kepada BAPETEN dan dapat dipertimbangkan untuk dimasukkan ke dalam kategori kesesuaian terbatas (*conditional compliance*). Sehingga hal ini dapat sejalan dengan prinsip optimisasi proteksi radiasi, bahwa pemanfaatan radiologi harus seminimal mungkin memberikan dosis paparan dan menjaga kualitas citra sesuai dengan standar.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian kesesuaian luas lapang kolimator dengan luas lapang berkas sinar-X pada pesawat sinar-X merk/type Mednif/SF-100BY di Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang menggunakan unit RMI, dapat disimpulkan bahwa pesawat sinar-X tersebut mengalami penyimpangan melebihi toleransi acuan $\leq 2\%$ FFD (*Focus Film Distance*) yang terjadi pada bagian vertikal (Y_n).

Untuk meningkatkan kualitas penelitian di masa mendatang, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu segera dilakukan perbaikan kolimator oleh ahli *Quality Control* (QC) agar alat dapat berfungsi lebih baik dan memenuhi standar

yang ditentukan dan sebaiknya program *Quality Control* (QC) dilakukan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Kemenkes RI No. 1250/MENKES/SK/XII/2009. Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan radiodiagnostik. Jakarta: Kementrian Kesehatan RI.
- Boddy M S. 2013. Pengaruh Radiasi Hambur Terhadap Kontras Radiografi Akibat Variasi Ketebalan Obyek Dan Luas Lapangan Penyinaran. *Skripsi*. Makassar: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Bushberg J. 2001 *The Essential Physics of Medical Imaging* 2 th ed. New York: Lippincott William & Wilkins.
- Chadidjah S. 2012. Penentuan ketepatan titik pusat berkas sinar Pada pesawat mobile x-ray sebagai parameter Kualitas kontrol di rsud. Prof. Dr. Hm. Anwar Makkatutu bantaeng. *Skripsi*. Makassar: FMIPA Universitas Hasanuddin.
- Dwi S. 2008. Workshop Tentang Batas Toleransi Pengukuran Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X. *Skripsi*. Jakarta: Fisika Universitas Indonesia.
- Fluke Biomedical. 2005. *Nuclear Associates 07-661-7662 Collimator/Beam Alignment Test Tool*. U.S.A: Fluke Corporation.
- Susilo, Sunarno, E. Setiowati, L. Lestari. 2012. Aplikasi Alat Radiografi Digital dalam Pengembangan Layanan Rontgen. *Jurnal MIPA*, 35(2): 145-150
- Wiyono A. 2010. Pengujian Kolimator dengan Menggunakan RMI Collimator dan Beam Alignment Test Tool pada Pesawat Sinar-X Merk Siemens Polymobile Plus di Instansi Radiologi RSUP dr. Sardjito Yogyakarta. *Skripsi*. Semarang: Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Depkes Semarang.