

## **Pendampingan Radiografer dalam *Quality Control* Pengujian Kolimator di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang**

**Siti Rosidah<sup>1</sup>, Masfufatun Jamil<sup>2</sup>, Nanik Suraningsih<sup>3</sup>**

Program Studi Radiologi, Universitas Widya Husada Semarang

e-mail: [sitirosidahtrowh@gmail.com](mailto:sitirosidahtrowh@gmail.com)

### **Abstrak**

Salah satu program penjaminan mutu adalah pengujian kolimator pada pesawat sinar-X. Menurut KMK No. 1250 tahun 2009 pengujian kolimator pada pesawat sinar-X dilakukan 1 bulan sekali. Di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara sudah memiliki program penjaminan mutu alat radiografi akan tetapi pengujian kolimator pada pesawat tidak dilakukan secara rutin, terakhir pada Agustus 2020 ketika pesawat sinar-X dipasang dan saat akan melakukan perijinan. Tim pengabdian ingin memberikan pelayanan uji kesesuaian terkait pengujian kolimator serta memberikan motivasi ke mitra untuk rutin melakukan program *quality control* alat melalui sosialisasi dan pendampingan uji kesesuaian kolimator pesawat sinar-X sesuai KMK No 1250 tentang kendali mutu. Hasil penelitian menunjukkan program *quality control* terhadap pesawat sinar-X sudah ada tetapi belum dilakukan secara rutin, hasil pengujian luas lapangan kolimator mengalami penyimpangan yang masih dalam batas normal dibawah standar yaitu kurang dari 2%. Agar pesawat sinar-X dalam kondisi baik dan untuk menjamin dosis radiasi ke pasien agar tidak terjadi pengulangan sebaiknya program kendali mutu dilakukan secara berkala.

**Kata Kunci:** *Kolimator, Pesawat Sinar-X, Uji Kesesuaian.*

### **Abstract**

One of the quality assurance programs is collimator testing on X-ray aircraft. According to KMK no. 1250 of 2009 Collimator testing on Sinr-X aircraft is carried out once a month. The Bhayangkara Hospital Radiology Installation already has a quality assurance program for radiography equipment, however collimator testing on aircraft is not carried out routinely, most recently in August 2020 when the X-ray aircraft was installed and when licensing was to be carried out. The service team wants to provide conformity testing services related to collimator testing and provide motivation to partners to routinely carry out equipment quality control programs through socialization and assistance in conformity testing of X-ray aircraft collimators in accordance with KMK No. 1250 concerning quality control. The research results show that a quality control program for X-ray aircraft already exists but has not been carried out routinely, the results of collimator field area testing experienced deviations that were still within the normal limit below the standard, namely less than 2%. To ensure that the X-ray aircraft is in good condition and to ensure that the radiation dose to the patient does not occur again, a quality control program should be carried out periodically.

**Kata Kunci:** *Collimator, X-ray Machine, Conformity Test.*

## PENDAHULUAN

Program *quality control* (kendali mutu) merupakan salah satu bagian program dari program jaminan mutu yang bertujuan untuk melakukan monitoring dan perawatan yang bersifat teknis agar tidak mengurangi kualitas dari gambaran yang dihasilkan. Selain itu, program kendali mutu merupakan bagian dari program jaminan mutu yang berhubungan dengan instrumentasi atau pemakaian pesawat dan peralatan (Papp, 2019).

Program kendali mutu berlaku bagi semua peralatan yang berhubungan dengan penggunaan sinar-X yang digunakan untuk tujuan diagnostik pada manusia dan sarana pendukungnya yaitu pesawat sinar-X diagnostik terpasang tetap (*fixed/stationary*) dan pesawat sinar-X *mobile* tanpa dilengkapi dengan flouroskopi. Sedangkan sarana pendukung tersebut adalah kamar gelap, prosesing film, peralatan proteksi radiasi, kaset dan tabir penguat serta film radiografi, kotak amatan atau *viewing box* (KEMENKES No. 1250, 2009).

Salah satu bentuk program kendali mutu adalah uji kesesuaian pesawat sinar-X. Uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah uji untuk memastikan pesawat sinar-X dalam kondisi handal, baik untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional dan memenuhi peraturan perundang-undangan. Pesawat sinar-X sendiri adalah sumber radiasi yang dirancang untuk tujuan diagnostik dan intervensional yang meliputi generator tegangan tinggi, panel kendali, tabung sinar-X, kolimator dan peralatan pendukung lainnya (BAPETEN No.9, 2011).

Pesawat sinar-X merupakan sebuah alat yang dapat menghasilkan sinar-X. Digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menghasilkan citra radiografik tubuh pasien. Pesawat sinar-X terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain tabung sinar - X, *collimator*, dan panel kontrol. *Collimator* adalah bagian dari pesawat sinar-X yang berfungsi untuk pengaturan luas lapangan sinar-X (Perka BAPETEN No 15, 2014)

Program kendali mutu pada pesawat sinar-X terdiri dari pengujian terhadap tabung kolimasi, tabung sinar-X, generator pesawat sinar-X dan *automatic eksposure control*. Pada pengujian terhadap tabung kolimator sendiri terbagi atas beberapa pengujian diantaranya pengujian iluminasi lampu kolimator, berkas cahaya kolimator dan kesamaan berkas cahaya kolimator. Salah satu pengujian terhadap kesamaan berkas cahaya kolimator adalah pengujian terhadap kolimator (KEMENKES No. 1250, 2009).

Kolimator adalah bagian dari pesawat sinar-X yang berfungsi untuk pengaturan luas lapangan radiasi (Faubert, 2016). Keuntungan dalam pemakaian kolimator berfungsi untuk meminimalisasi dosis radiasi ke pasien dan mengurangi radiasi hambur yang menuju kaset (Frank, 2017). Untuk mengetahui kinerja (*performance*) pesawat sinar-X yang standar maka salah satu metode yang dapat dilakukan adalah uji kepatuhan atau uji pemenuhan ketentuan terhadap keselamatan. Salah satu bentuk uji kendali mutu tersebut adalah uji kolimator (Papp, 2011).

Ada tiga cara atau metode yang digunakan dalam melakukan pengujian terhadap kolimator yaitu dengan metode koin, kawat L dan *collimator test tool*. Menurut Papp (2011) metode untuk pengujian kolimator menggunakan metode *collimator test tool* dan metode koin. Menurut surat keputusan menteri kesehatan No. 1250 tentang kendali mutu peralatan radiodiagnostik tahun 2009, metode untuk pengujian kolimator menggunakan *collimator test tool*. Menurut surat keputusan No. 1250 Tahun 2009 dari Kemenkes tentang pedoman kendali mutu, ditetapkan batas pergeseran kolimator adalah  $\leq 2\%$  dari 100 cm besar FFD (*Focus film distance*) yang digunakan.

Frekuensi uji terhadap kesamaan berkas cahaya kolimator dilakukan setiap satu bulan sekali setelah perbaikan, setelah perawatan tabung dan kolimator pesawat sinar-X. Frekuensi pengujian dapat diperbanyak tergantung dengan besarnya beban penggunaan pesawat (KEMENKES No. 1250, 2009).

Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh penulis, di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang untuk pemeriksaan radiologi menggunakan pesawat merek Thosiba dengan tipe DRGEM. Pesawat ini terakhir kali dilakukan kalibrasi pada bulan Agustus 2020 saat penerimaan pesawat dan tidak dilakukan pengujian kolimator secara berkala. Merujuk pada peraturan KEMENKES No. 1250, tahun 2009, seharusnya pengujian terhadap berkas cahaya kolimator pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang dilakukan setiap satu bulan sekali, namun hingga sekarang belum dilakukan pengujian berkas cahaya kolimator kembali. Selain hal tersebut, ketika penulis melakukan praktek kerja lapangan pertama di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang, penulis juga menemukan adanya ketidaksesuaian luas lapangan cahaya kolimator yang keluar pada pesawat sinar-X merek Thosiba tersebut. Hal ini terjadi ketika dilakukan foto thoraks pada orang dewasa. Luas lapangan kolimasi diatur sesuai dengan luas obyek dan sudah berada dipertengahan kaset. Namun, hasil radiograf terpotong dibagian apek sehingga terjadi pengulangan foto. Tujuan pelaksanaan pendampingan QA QC di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang yaitu agar di instalasi radiologi menerapkan secara rutin program QA QC di Instalasi radiologi khususnya pada luas kolimasi pesawat sinar-X

## METODE

Metode pendekatan yang dilakukan dalam pelaksanaan program ini, meliputi Sosialisasi kepada mitra (radiografer) dan pendampingan pengujian kolimator. Sosialisasi tersebut terkait dengan pengujian luas kolimas baik itu peraturan maupun prosedur pengujian. Materi yang diberikan diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan pemahaman untuk selanjutnya dapat diterapkan oleh mitra. Program pendampingan pengujian luas lapangan kolimasi, selain itu tim pengabdian juga akan menyediakan alat untuk pengujian. Dengan melakukan pengujian secara langsung harapannya mitra lebih paham dan juga dapat mengetahui kondisi luas lapangan kolimasi pada pesawat sinar-

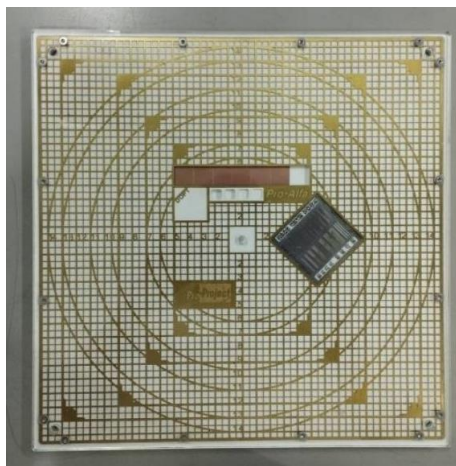
X. Dengan demikian harapannya kegiatan pengujian kolimasi dapat dilakukan secara rutin/berkala oleh semua radiografer

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dokumentasi dan wawancara pesawat sinar-X sudah dilakukan uji kesesuaian termasuk kesesuaian Luas berkas cahaya kolimasi pada bulan Agustus 2020 saat penerimaan alat dengan hasil baik. Pelaksanaan *quality control* terkait dengan peralatan radiologi khususnya pada pengujian kesesuaian berkas lapangan kolimasi sudah diprogramkan akan tetapi pelaksanaan belum berjalan secara rutin. Pengujian pertama dilakukan pada bulan agustus 2020 saat penerimaan alat dan dilakukan pengujian lagi pada awal Januari 2024 ketika akan melakukan perpanjangan ijin pemakaian alat. Agar program *quality control* terhadap pesawat sinar-X berjalan dengan baik maka tim pengabdian melakukan sosialisasi dan pendampingan terhadap *quality control* pesawat sinar-X khususnya Pengujian Kolimator di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang

Kegiatan sosialisasi tentang program *quality control* pengujian kolimator dilakukan pada bulan Maret 2024 di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara. Kegiatan sosialisasi ini dilakukan dengan memberikan materi tentang pengujian kolimator dari metode pengujian, prosedur pengujian termasuk evaluasi hasil pengujian yang bertujuan untuk melakukan review kembali materi tentang *quality control* dengan harapan radiografer maupun Petugas Proteksi Radiaais (PPR) atau Fisika medik dapat melakukan pengujian secara berkala. Pengujian kolimator dapat dilakukan dengan beberapa metode dari mulai yang sederhana (menggunakan koin atau kawat 'L') sampai menggunakan alat *collimator test tool*. Dengan demikian pengujian bisa dilakukan sesuai dengan ketersediaan alat yang ada dan secara teratur

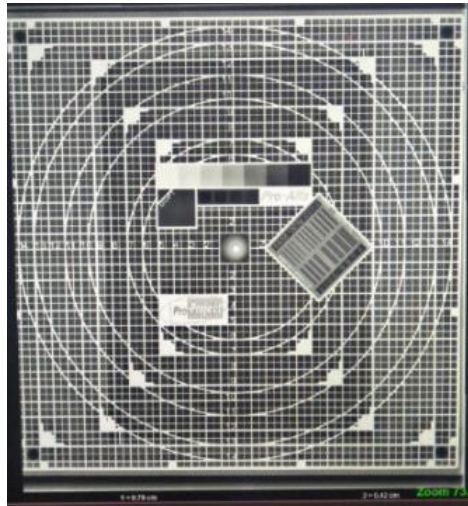
Pengujian kolimator pada pesawat sinar-X merek Thosiba di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang menggunakan alat *collimator alignment test tool* merek *Pro-Alpha* dilakukan dengan cara mengatur luas lapangan penyinaran sebesar sebesar 18x24 dengan FFD 100 cm dan 150 cm. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali.



Gambar 1. Alat *Collimator alignment test tool* merek *Pro-Alpha*



Gambar 2. Radiograf Pengujian Kolimator dengan Alat Collimator Alignment Test Tool dengan luas kolimasi 18x24 cm Pada FFD 100 cm di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang



Gambar 3. Radiograf Pengujian Kolimator dengan Alat Collimator Alignment Test Tool dengan luas kolimasi 18x24 cm Pada FFD 150 cm di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang

Hasil pengujian pada luas kolimasi 18x24 cm dengan variasi FFD 100 cm dan 150 cm dimasukkan kedalam tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Kolimator dengan Metode Collimator Test Tool pada Pesawat Sinar-X Merek Thosiba di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang pada luas kolimasi 18x24 cm dengan FFD 100 dan 150 cm

NO	Tepi	Luas Penyimpangan Kolimasi	
		FFD 100 cm	FFD 150 cm
1	Kiri (X1)	0 cm	0.49 cm
2	Kanan (X2)	0.46 cm	0 cm
3	Atas (Y1)	0.65 cm	0.42 cm
4	Bawah (Y2)	1.09 cm	0.94 cm
$\sum X1 + X2$ (cm)		0.46 cm	0.49 cm
Prosentase (%)		0.46 %	0.33 %
$\sum Y1 + Y2$ (cm)		1.74 cm	1.36 cm
Prosentase (%)		1.74 %	0.91 %

Dari tabel di atas dapat kita ketahui hasil pengujian kolimator pada pengaturan luas kolimasi 18 x 24 cm pada FFD 100 cm dan 150 cm dengan metode *collimator test tool* pada pesawat sinar-X merek Thosiba di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang diadaptkan hasil pada pemakaian FFD 100 cm diperoleh hasil untuk sumbu horizontal ( $X_1+X_2$ ) sebesar 0,46 cm atau 0,46% didapat dari jumlah hasil pergeseran pergeseran pada setiap sumbu dibagi FFD yang digynakan (100 cm) kemudian dikalikan dengan 100%, sedangkan sumbu vertikal ( $Y_1+Y_2$ ) sebesar 1,74 cm atau 1,74% yang diperoleh dengan cara penghitungan yang sama dengan sumbu horizontal. Sedangkan pada pemakaian FFD 150 cm diperoleh hasil untuk sumbu horizontal ( $X_1+X_2$ ) sebesar 0,49 cm atau 0,33% didapat dari jumlah hasil pergeseran pergeseran pada setiap sumbu dibagi FFD yang digynakan (150 cm) kemudian dikalikan dengan 100%, sedangkan sumbu vertikal ( $Y_1+Y_2$ ) sebesar 1,36 cm atau 0,91% yang diperoleh dengan cara penghitungan yang sama dengan sumbu horizontal.

Menurut Bushong (2016), kendali mutu adalah suatu program yang didesain untuk meyakinkan bahwa seorang dokter spesialis radiologi hanya akan dihadapkan pada pembacaan (interpretasi) yang optimal. Kendali mutu (*quality control*) merupakan kegiatan untuk mencapai mutu pelayanan kesehatan. Kegiatan kendali mutu dilakukan agar tercapai Jaminan mutu (*quality assurance*). Program kendali mutu merupakan salah satu bagian program dari program jaminan mutu yang bertujuan untuk melakukan *monitoring* dan perawatan yang bersifat teknis agar tidak mengurangi kualitas dari gambaran yang dihasilkan. Salah satu bentuk program kendali mutu adalah uji kesesuaian pesawat sinar-X. Uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah uji untuk memastikan pesawat sinar-X dalam kondisi handal, baik untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional dan memenuhi peraturan perundang-undangan (Papp, 2019).

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 (Fransiska, Nehru and Afrianto, 2018).

Program kendali mutu pada pesawat sinar-X terdiri dari pengujian terhadap tabung kolimasi, tabung sinar-X, generator pesawat sinar-X dan *automatic exposure control*. Pada pengujian terhadap tabung kolimator sendiri terbagi atas beberapa pengujian diantaranya pengujian iluminasi lampu kolimator, berkas cahaya kolimator dan kesamaan berkas cahaya kolimator. Salah satu pengujian terhadap kesamaan berkas cahaya kolimator adalah pengujian terhadap kolimator (KEMENKES No. 1250, 2009).



Kolimator adalah bagian dari pesawat sinar-X yang berfungsi untuk pengaturan luas lapangan radiasi (Fauber, 2016). Keuntungan dalam pemakaian kolimator berfungsi untuk meminimalisasi dosis radiasi ke pasien dan mengurangi radiasi hambur yang menuju kaset (Frank, 2017). Menurut surat keputusan menteri kesehatan No. 1250 tentang kendali mutu peralatan radiodiagnostik tahun 2009, metode untuk pengujian kolimator menggunakan *collimator test tool* dan ditetapkan batas pergeseran kolimator adalah  $\leq 2\%$  dari besar FFD (*Focus film distance*) yang digunakan. Frekuensi uji terhadap kesamaan berkas cahaya kolimator dilakukan setiap satu bulan sekali setelah perbaikan, setelah perawatan tabung dan kolimator pesawat sinar-X (KEMENKES No. 1250, 2009).

Berdasarkan KEMENKES No. 1250 tahun 2009 tentang kendali mutu peralatan radiodiagnostik telah ditetapkan batas pergeseran kolimator yang masih dalam batas toleransi adalah  $\leq 2\%$  dari besar FFD yang digunakan. Jika hasil penghitungan luas lapangan kolimator  $>2\%$  dari besar FFD yang digunakan, maka sebaiknya dilakukan perbaikan terhadap kolimator pesawat sinar-X.

Di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang dilakukan pengujian terhadap kolimator pesawat sinar-X merek Thosiba dengan menggunakan metode *collimator test tool* pada luas kolimasi 18 x 24 cm dengan variasi FFD 100 dan 150 cm. Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut, pada FFD 100 cm diperoleh hasil untuk sumbu horizontal ( $X_1+X_2$ ) sebesar 0,46 cm atau 0,46%, sedangkan hasil untuk sumbu vertikal ( $Y_1+Y_2$ ) sebesar 1,74 cm atau 1,74%. Pada pemakaian FFD 150 cm diperoleh hasil untuk sumbu horizontal ( $X_1+X_2$ ) sebesar 0,49 cm atau 0,33%, sedangkan hasil untuk sumbu vertikal ( $Y_1+Y_2$ ) sebesar 1,36 cm atau 0,91%.

Dari hasil penghitungan yang dilakukan menunjukkan adanya pergeseran atau ketidaksesuaian pada luas lapangan kolimator dengan berkas cahaya sinar-X. Namun, nilai pergeseran yang terjadi masih dalam batas toleransi pergeseran yang diperbolehkan oleh KEMENKES No. 1250 tahun 2009. Pada pemakaian luas kolimasi 18x24 cm pergeseran pada sumbu horizontal dengan FFD 100 sebesar 0,46% dan FFD 150 0,33%, sedangkan sumbu vertical dengan FFD 150 cm mengalami pergeseran 1,74% dan FFD 150 cm sebesar 0,91%. Pemakaian FFD yang semakin besar menunjukkan nilai pergeseran yang menurun.

Sebaiknya dilakukan perbaikan pada kolimator pesawat sinar-X merek Thosiba yang terpasang di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang, hal ini berdasarkan dari hasil penghitungan yang dilakukan oleh penulis yang menunjukkan adanya nilai pergeseran, meskipun nilai pergeserannya masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan. Diharapkan dari perbaikan kolimator tersebut, dapat mengurangi angka penolakan film yang terjadi karena gambaran terpotong akibat dari luas lapangan cahaya kolimator yang tidak sesuai dengan berkas sinar-X. Selain melakukan perbaikan kolimator, sebaiknya program

Quality control dilaksanakan secara rutin dan untuk pengujian pada kolimator pesawat sinar-X merek Thosiba secara berkala setiap satu bulan sekali, agar jika terjadi pergeseran luas lapangan kolimator dapat segera ditangani. Apabila pihak RS memiliki keterbatasan alat bisa menggunakan metode yang lebih sederhana menggunakan metode koin atau kawat L, jika hasil pengukuran ingin lebih akurat bisa kerjasama atau pinjam alat dari pihak luar

Luas lapangan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X merek Thosiba di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang mengalami pergeseran kearah dalam pada pemakaian FFD 150 cm, sehingga pada kondisi kolimator yang demikian, kemungkinan yang terjadi adalah sudut kemiringan cermin pada kolimator tidak  $45^{\circ}$  sehingga berkas sinar yang dihasilkan tidak sesuai dengan luas lapangan cahaya kolimator. Dengan demikian, agar berkas sinar-X yang dihasilkan sesuai dengan luas lapangan cahaya kolimator, sebaiknya dilakukan perbaikan pada sudut kemiringan cermin menjadi  $45^{\circ}$ . Apabila perbaikan belum bisa dilakukan, sebaiknya setiap petugas ketika melakukan pemeriksaan diinstruksikan untuk mengatur luas lapangan cahaya kolimator lebih besar daripada biasanya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terpotongnya gambaran radiograf akibat dari berkas sinar-X yang bergeser ke sisi dalam. Hal ini bertujuan untuk menghindari terpotongnya gambaran/radiograf

## SIMPULAN

Hasil pendampingan menunjukkan bahwa RS Bhayangkara sudah memiliki program *quality control* terkait pengujian kolimator tetapi tidak dilaksanakan secara rutin. Berdasarkan hasil pengujian kolimator dengan metode *collimator test tool* pada pesawat sinar-X merek Thosiba di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang dapat ditarik kesimpulan bahwa terjadi ketidaksesuaian atau pergeseran pada luas lapangan kolimator pada pemakaian FFD 100 cm dan 150 cm. Pergeseran pada FFD 100 cm diperoleh hasil untuk sumbu horizontal ( $X_1+X_2$ ) sebesar 0,46 cm atau 0,46%, sedangkan hasil untuk sumbu vertikal ( $Y_1+Y_2$ ) sebesar 1,74 cm atau 1,74%. Pada pemakaian FFD 150 cm diperoleh hasil untuk sumbu horizontal ( $X_1+X_2$ ) sebesar 0,49 cm atau 0,33%, sedangkan hasil untuk sumbu vertikal ( $Y_1+Y_2$ ) sebesar 1,36 cm atau 0,91%. Pergeseran yang terjadi masih dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh KEMENKES No. 1250 tahun 2009 yaitu tidak  $>2\%$  dari FFD yang digunakan. Sebaiknya dilakukan perbaikan kolimator pada pesawat sinar-X merek Thosiba di Instalasi Radiologi RS Bhayangkara Semarang. Apabila perbaikan belum bisa dilakukan, sebaiknya setiap petugas ketika melakukan pemeriksaan diinstruksikan untuk mengatur luas lapangan cahaya kolimator lebih besar daripada biasanya, hal ini bertujuan untuk menghindari terpotongnya gambaran radiograf akibat dari berkas sinar-X yang bergeser kearah dalam. Selain itu program *quality control* dilaksanakan secara rutin dan untuk pengujian pada kolimator pesawat sinar-X merek Thosiba secara berkala setiap satu bulan sekali, agar jika terjadi pergeseran luas lapangan kolimator dapat segera ditangani. Apabila pihak RS memiliki keterbatasan alat bisa menggunakan metode yang



lebih sederhana menggunakan Metode koin atau kawat L, jika hasil pengukuran ingin lebih akurat bisa kerjasama atau pinjam alat dari pihak luar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BAPETEN, Peraturan Kepala Nomor 9 Tahun 2011 Tentang Uji Kesesuaian pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, diakses dari, <Http://Www.bapeten.ac.id/perka-nuklir-bapeten-no-9-tahun-2011.htm>, diakses pada tanggal 6 November 2014
- BAPETEN, Peraturan Kepala Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional.
- Bushong, Steward. 2016. *Radiologic Science For Technologists Physics, Biology And Protection*. Mosby :USA (hal. 228)
- Fauber, T. (2016) *Radiographic Imaging and Exposure, Radiographic Imaging and Exposure*. Elsevier Inc
- Frank, Eugene. 2017. *Merrill's Atlas Of Radiographic Positioning & Procedures*. Edisi 11. Mosby : USA
- Fransiska, E., Nehru, N. and Afrianto, M.F. (2018) 'Uji Kesesuaian Berkas Sinar-X Dengan Berkas Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Instalasi Radiologi Rsud Raden Mattaher Jambi', *Komunikasi Fisika Indonesia*, 15(1), p. 77. Available at: <https://doi.org/10.31258/jkfi.15.1.77-83>
- KEMENKES, surat keputusan No. 12 Tahun 2009 Tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control), diakses dari <Http://Www.kemenkes.ac.id/KMK-1250-tahun-2009-tentang-kendali-mutu.htm>, diakses pada tanggal 6 November 2014.
- Papp, Jeffrey. 2011. *Quality Management In The Imaging Sciences*. Mosby : USA
- Papp, Jeffrey. 2019. *Quality Management In The Imaging Sciences*. Mosby : USA
- Pro-Project, *Pro-Alpha Phantom* diakses dari <http://www.pro-project.pl/en/radiography-fluoroscopy/item>, diakses pada tanggal 17 Februari 2015