

CONFORMITY TEST OF THE COLLIMATOR BEAM TO X-RAY ON DIAGNOSTIC X-RAY MACHINE AT THE RADIOLOGY INSTALLATION OF ARIFIN ACHMAD HOSPITAL, RIAU

UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS SINAR-X PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI RIAU

Yoga Saputra ¹⁾, Marido Bisra ²⁾
STIKes Awal Bros Pekanbaru¹⁾
e- mail : Yoga149@gmail.com

ABSTRACT

Conformity test needs to be done in order to avoid deviation of X-rays photo. One of the test is conformity test collimator beam to X-ray. It aims to make sure angle and distance shift does not occur. This study was done at Radiology Installation of Arifin Achmad Hospital, Riau. This study is quantitative with experimental design by using collimator test tool. Tests were be done three times to each big and small focal spot. Based on Ministry of Health No. 1250 on 2009, deviation tolerance limit value is $\leq 2\%$ FFD for conformity test of collimator beam and being $\leq 3^\circ$ for the center point conformity test. The results of calculations on the small focal spot for X1 + X2 are respectively 2,25 cm, 2,25 cm, and 2,25 cm with an average value of 2,25 cm. In the calculation results of Y1 + Y2 for small focal spots, the results are respectively 0,45 cm, 0,50 cm and 0,50 cm with an average value of 0,48 cm. Then the calculation results on the large focal spot for X1 + X2 obtained results respectively 2,25 cm, 2,20 cm and 2,15 cm with an average value of 2,20 cm. the results of the calculation of Y1 + Y2 for large focal spots, respectively are 0,45 cm, 0,45 cm, and 0,45 cm with an average value of 0,45 cm. This conformity test got the deviation value exceed the tolerance limit on X axis namely of 2.25 cm in average on small focal spots and 2.20 cm on big focal spots. Conformity test results of the beam alignment entirely showed that center point was in a small circle with $< 1.5^\circ$ value. This means there is no deviation of center point which exceed tolerance limit.

Keywords: Quality Control, Quality Assurance, Radiation Protection

Received: 20/08/2021

Accepted: 31/08/2021

PENDAHULUAN

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat (PERMENKES RI No. 4 Tahun 2018). Upaya meningkatkan pelayanan mutu kesehatan merupakan prioritas utama, karena dengan dilakukannya peningkatan mutu pelayanan kesehatan yang berkesinambungan akan

meningkatkan efisiensi pelayanan kesehatan, yang pada akhirnya akan berdampak pada peningkatan kualitas hidup individu dan derajat kesehatan masyarakat. Untuk menjamin mutu pelayanan kesehatan maka berbagai komponen *input*, *process*, dan *output* harus ditetapkan secara jelas dan rinci mencakup aspek manajemen dan teknis dengan berpedoman pada pencapaian visi dan perwujudan misi yang telah ditetapkan

bersama. Salah satu kegiatan jaminan mutu adalah kegiatan kendali mutu/*quality control* (KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009).

Radiologi adalah cabang ilmu kedokteran yang berhubungan dengan penggunaan semua modalitas yang menggunakan radiasi untuk diagnosis dan prosedur terapi dengan menggunakan panduan radiologi, termasuk teknik pencitraan dan penggunaan radiasi dengan sinar-X dan zat radioaktif (PERKA BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011).

Pesawat sinar-X adalah alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-X. Pesawat sinar-X terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain tabung sinar-X, *collimator*, dan panel kontrol (Souisa, et al 2014). *Collimator* adalah bagian dari pesawat sinar-X yang berfungsi untuk pengaturan luas lapangan radiasi (PERKA BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014).

Pada pemeriksaan pasien agar tidak terjadinya penyimpangan foto maka perlu dilakukan uji kesesuaian pesawat. Uji kesesuaian merupakan suatu program jaminan mutu radiologi diagnostik. Salah satu uji kesesuaian pesawat adalah uji kesesuaian luas *collimator beam* dengan luas berkas sinar-X. Pengujian ini bertujuan agar tidak terjadinya pergeseran sudut atau jarak pada tabung sinar-X (Sari & Hartina, 2017).

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009, uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik dilakukan dengan frekuensi satu bulan sekali. Berdasarkan peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018, uji kesesuaian dilakukan secara berkala paling lama empat tahun sekali untuk pesawat sinar-X diagnostik. Peneliti telah melakukan observasi terhadap pesawat sinar-X diagnostik di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, uji kesesuaian dilakukan dengan frekuensi satu tahun sekali dan uji kesesuaian *collimator beam* terakhir dilakukan pada tanggal 11 Desember 2019. Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah penyimpangan masih

dalam batas toleransi setelah enam bulan pengujian dengan mengangkat judul “Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Sinar-X Diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau”.

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya, dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen, panjang gelombangnya sangat bervariasi dan tidak terlihat. Perbedaan antara sinar-X dengan sinar elektromagnetik lainnya juga terletak pada panjang gelombang, di mana sinar-X memiliki panjang gelombang yang sangat pendek. Karena panjang gelombang yang sangat pendek tersebut, maka sinar-X dapat menembus benda-benda. Panjang gelombang sinar elektromagnetik dinyatakan dalam satuan Angstrom. $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ ($1/100.000.000 \text{ cm}$) (Rasad, 2016).

Collimator bertujuan untuk menentukan ukuran dan bentuk sinar-X *primer* yang mengenai pasien dengan menggunakan cahaya tampak yang menggambarkan ukuran sinar-X (Fosbinder & Orth, 2012). Pembatasan sinar yang dilakukan dengan menggunakan *collimator* disebut kolimasi atau *collimator beam*. Masalah yang mungkin terjadi adalah kurangnya keakuratan medan cahaya. Cermin yang memantulkan cahaya ke arah pasien atau bola lampu itu sendiri bisa sedikit keluar dari posisinya, memproyeksikan bidang cahaya yang tidak akurat. Kurangnya kesesuaian sinar-X dengan *collimator beam* dan ketidaksejajaran cahaya dengan *bucky* dapat mempengaruhi kualitas radiograf. Selain itu, jika pusat sinar-X tidak tegak lurus terhadap meja dan *bucky* maka dapat mengganggu kualitas radiograf (Fauber, 2013).

Uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah uji untuk memastikan pesawat sinar-X dalam kondisi andal. Baik untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional dan memenuhi peraturan perundang-undangan (Indrati, et al 2017). Uji kesesuaian juga merupakan suatu program jaminan mutu radiologi diagnostik. Salah satu program jaminan mutu adalah pengujian kesesuaian

luas *collimator beam* (berkas cahaya kolimasi) dengan luas berkas sinar-X. Berdasarkan KEMENKES RI Nomor 1250 Tahun 2009, uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik dilakukan dengan frekuensi satu bulan sekali atau setelah perbaikan, perawatan rumah tabung dan kolimasi. nilai standar toleransi kesesuaian luas lapangan *collimator beam* dengan berkas sinar-X yaitu $X1+X2 \leq 2\%$ dari FFD dan $Y1+Y2 \leq 2\%$ dari FFD (*Focus Film Distance*) dan standar toleransi penyimpangan titik pusat *collimator beam* dengan berkas sinar-X yaitu $\leq 3^\circ$.

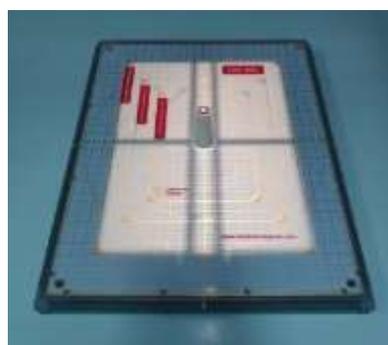
METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian dengan metode kuantitatif dengan metode desain eksperimental. Penelitian dilakukan menggunakan alat *collimator test tool* dengan tiga kali percobaan untuk setiap *focal spot* yang berbeda yaitu *focal spot* kecil dan *focal spot* besar. Berdasarkan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009 nilai batas toleransi penyimpangan adalah $\leq 2\%$ FFD untuk luas lapangan *collimator beam* dan $\leq 3^\circ$ untuk uji kesesuaian titik pusat. Lokasi penelitian di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat sinar-X *Merk/type: Villa Medial System/6100CRAD* sebagai objek uji, *Collimator test tool merk/type: Leeds Test Objects/TOR ABC* untuk mengukur tingkat kesejajaran lapangan penyinaran antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X, *Beam alignment test tool* untuk mengukur kesejajaran titik pusat, Kaset CR merk Fuji Film ukuran 24 x 30 cm, *Waterpass merk Great* berfungsi untuk mengukur kedataran tabung sinar-X dan meja pemeriksaan, Mistar/penggaris merk *Micro Star* untuk mengukur simpangan, *Viewing box* untuk melihat hasil gambaran radiograf lebih jelas.

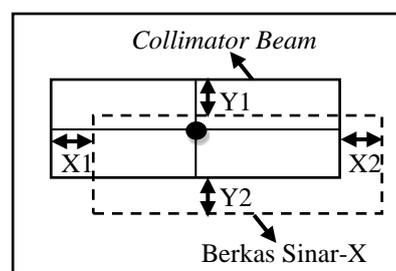
Prosedur dalam penelitian ini yaitu pertama-tama mempersiapkan peralatan yang diperlukan, pesawat sinar-X diatur dalam posisi "ON". Kemudian letakkan kaset ukuran 24 x 30 cm di atas permukaan yang datar (dites dengan menggunakan

waterpass/bullwater) dan yakinkan bahwa anoda dan katoda sudah paralel dengan kaset. Nyalakan lampu kolimator (*collimator beam*) pada pesawat sinar-X dan diatur tegak lurus terhadap kaset dengan sentrasi dipusatkan di tengah kaset. Atur jarak antara *focus* dengan film (FFD) setinggi 100 cm. Kemudian letakkan alat uji *collimator test tool* pada pertengahan kaset, nyalakan lampu kolimator dan atur luas lapangan penyinaran sesuai dengan garis persegi yang ada pada permukaan alat uji *collimator test tool*. Tempatkan *beam alignment test tool* pada pusat area pencahayaan.



Gambar 1. Uji kesesuaian *collimator beam*.

Lakukan eksposi untuk *focal spot* kecil menggunakan faktor eksposi 60 kV, 140 mA, 0,05 s dan untuk *focal spot* besar menggunakan 60 kV, 200 mA, dan 0,05 s. Ulangi hingga tiga kali percobaan untuk setiap *focal spot* yang berbeda. Kemudian proses kaset yang sudah terekspos di *workstation* dengan *computed radiography*. Setelah itu, ukur dan catat perubahan skala lapangan radiasi yang tampak pada film radiografi (X1 dan X2 serta Y1 dan Y2).

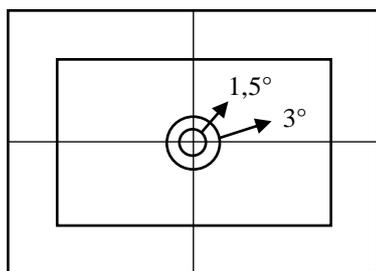


Gambar 2. Ilustrasi pengukuran selisih skala lapangan antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X.

Analisis tingkat kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yang dihasilkan menggunakan standar pengukuran dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} X1 + X2 &\leq 2\% \text{ FFD} \\ Y1 + Y2 &\leq 2\% \text{ FFD} \end{aligned}$$

Nilai batas toleransi kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X sesuai dengan ketentuan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 yaitu $\leq 2\%$ FFD (*focus film distance*). Untuk menentukan kesesuaian titik pusat/*beam alignment*, nilai batas toleransi yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 yaitu $\leq 3^\circ$. Menurut Sari dan Hartina (2017) standar toleransi penyimpangan titik pusat berkas adalah $\leq 3^\circ$ dimana pada lingkaran kecil dengan jarak 0 – 0,5 cm pada kemiringan $1,5^\circ$ dan lingkaran besar dengan jarak 0,6 - 1 cm pada kemiringan 3° .



Gambar 2. Ilustrasi batas penyimpangan titik pusat.

Uji efisiensi celah (*shutter*) kolimator pesawat sinar-x menggunakan film dan alat densitometer dengan melakukan pengujian secara langsung berdasarkan keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (*quality control*) peralatan radiodiagnostik.

0,20	0,12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13
0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14	0,12
0,15	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10	0,12	0,14
0,15	0,13	0,13	0,12	0,15	0,11	0,11	0,12
0,16	0,14	0,18	0,15	0,12	0,15	0,11	0,13
0,17	0,15	0,16	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13
0,19	0,16	0,11	0,18	0,11	0,12	0,11	0,13

Gambar 3. Data Nilai Densitas Hasil Pengujian

Tabel 1. Data Nilai Densitas Film Pada Garis Transversal Dan Garis Longitudinal

No	Garis Transversal (X)	Garis Longitudinal (Y)
1	1.19	2.41
2	1.00	1.28
3	1.14	0.45
4	1.24	0.27
5	1.27	0.16
6	1.68	0.16
7	2.04	0.14
8	2.57	0.13
9	2.67	0.12
Rata-rata	1.27	0.51

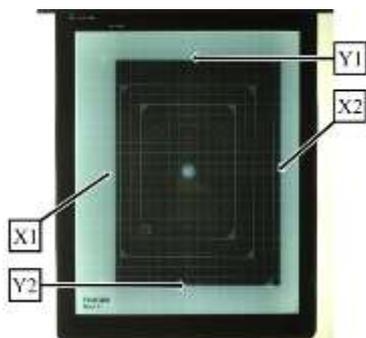
Berdasarkan tabel diatas diketahui densitas film pada titik di sepanjang garis transversal (X) dan sepanjang garis longitudinal (Y) yaitu, didapatkan rata-rata nilai densitasnya adalah 1.27 OD (optical density) pada garis transversal (X) dan 0.51 OD pada garis longitudinal (Y). Sedangkan didapatkan density base fog pada film bawaan yang digunakan saat uji yaitu 0.20 OD.

HASIL

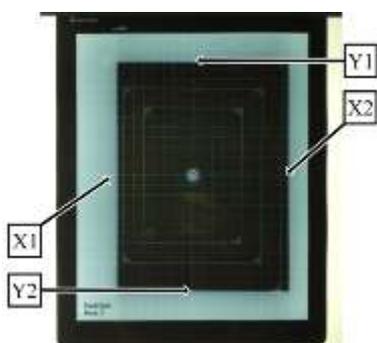
1. Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X

Uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X dilakukan dengan menggunakan *focal spot* kecil dan *focal spot* besar. Uji kesesuaian dilakukan tiga kali untuk setiap *focal spot*. Hasil

gambaran yang diperoleh dari uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot kecil.



Gambar 5. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot besar.

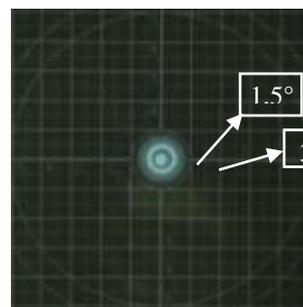
Hasil pengukuran dan perhitungan dari uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil perhitungan pada *focal spot* kecil untuk X1+X2 diperoleh hasil berturut-turut 2,25 cm, 2,25 cm, dan 2,25 cm dengan nilai rata-rata 2,25 cm. pada hasil perhitungan Y1+Y2 untuk *focal spot* kecil diperoleh hasil berturut-turut 0,45 cm, 0,50 cm dan 0,50 cm dengan nilai rata-

rata 0,48 cm. Kemudian hasil perhitungan pada *focal spot* besar untuk X1+X2 diperoleh hasil berturut-turut 2,25 cm, 2,20 cm dan 2,15 cm dengan nilai rata-rata 2,20 cm. pada hasil perhitungan Y1+Y2 untuk *focal spot* besar diperoleh hasil berturut-turut 0,45 cm, 0,45 cm, dan 0,45 cm dengan nilai rata-rata 0,45 cm. Dari hasil yang diperoleh pada perhitungan X1+X2 dengan menggunakan *focal spot* kecil maupun *focal spot* besar didapatkan nilai penyimpangan yang melewati batas toleransi yaitu > 2 cm berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

2. Uji Kesesuaian Titik Pusat/*Beam Alignment* antara *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X

Uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X dilakukan bersamaan dengan uji kesesuaian *collimator beam*, maka pengujian ini juga menggunakan *focal spot* kecil dan *focal spot* besar dengan tiga kali pengujian untuk setiap *focal spot*. Hasil gambaran yang diperoleh dari uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* dapat dilihat sebagai berikut.

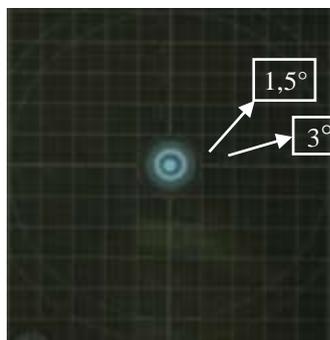


Gambar 6. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot kecil.

Tabel 2. Hasil Pengukuran dan perhitungan

Ukuran Focal Spot	Uji	Hasil Pengukuran				Hasil Perhitungan	
		X1	X2	Y1	Y2	X1 + X2	Y1 + Y2
Kecil	1	1,50	0,75	0,35	0,10	2,25	0,45
	2	1,50	0,75	0,40	0,10	2,25	0,50
	3	1,50	0,75	0,40	0,10	2,25	0,50
Rata-rata		1,50	0,75	0,38	0,10	2,25	0,48
Besar	1	1,50	0,75	0,35	0,10	2,25	0,45

	2	1,45	0,75	0,35	0,10	2,20	0,45
	3	1,40	0,75	0,35	0,10	2,15	0,45
	Rata-rata	1,45	0,75	0,35	0,10	2,20	0,45



Gambar 7. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot besar.

Dari seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X, diperoleh hasil bahwa titik pusat berada pada lingkaran kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai penyimpangan titik pusat <math>< 1,5^\circ</math>. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian titik pusat yaitu $\leq 3^\circ$.

PEMBAHASAN

Pada hasil gambaran radiograf uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X, luas lapangan berkas sinar-X mengalami penyimpangan ke arah anoda (X2). Pada pengukuran bagian sisi X2, berkas sinar-X mengarah keluar melebihi ukuran *collimator beam* yang digunakan. Hal ini dapat mengakibatkan paparan radiasi berlebih terhadap bagian tubuh yang tidak diperlukan untuk di ekspose. Kemudian pada pengukuran X1, Y1, dan Y2 berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator beam* yang digunakan. Hal ini dapat menyebabkan gambaran yang diperlukan untuk diagnosis terpotong. Ketidaksesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X akan berpengaruh terhadap kualitas gambaran

radiograf, selain itu akan meningkatkan dosis terhadap pasien jika terjadi pengulangan ekspose diakibatkan gambaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan harapan.

Berdasarkan hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada perhitungan X1+X2 diperoleh nilai penyimpangan yang melebihi batas toleransi pada sumbu X yaitu dengan nilai rata-rata 2,25 cm untuk *focal spot* kecil dan 2,20 cm untuk *focal spot* besar. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yaitu $\leq 2\%$ FFD. Peneliti menggunakan FFD 100 cm, maka nilai batas toleransi penyimpangan adalah ≤ 2 cm. Kemudian dari seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X, diperoleh hasil bahwa titik pusat berada di dalam lingkaran kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai penyimpangan titik pusat <math>< 1,5^\circ</math>. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian titik pusat yaitu $\leq 3^\circ$.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dari uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, diperoleh nilai penyimpangan yang melebihi batas toleransi pada sumbu X yaitu dengan nilai rata-rata 2,25 cm pada *focal spot* kecil dan 2,20 cm pada *focal spot* besar. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yaitu $\leq 2\%$ FFD atau ≤ 2 cm dengan FFD 100 cm. Kemudian pada seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* menunjukkan titik pusat berada di dalam lingkaran kecil dengan

nilai $< 1,5^\circ$, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian titik pusat yaitu $\leq 3^\circ$.

Berdasarkan hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *collimator* pada pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau belum bisa dikatakan layak karena penyimpangan *collimator beam* pada pesawat sinar-X diagnostik melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan oleh KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauber, Terri L. 2013. *Radiographic Imaging & Exposure*. Elsevier Health Sciences
- Fosbinder, Robert & Denise Orth. 2012. *Essentials Of Radiologic Science*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health
- Indrati, Rini, et al. 2017. *Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik dan Intervensional*. Magelang: Inti Medika Pustaka
- PERKA BAPETEN. 2011. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*. Jakarta: BAPETEN
- PERKA BAPETEN. 2014. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta: BAPETEN
- PERKA BAPETEN. 2018. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir RI Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta: BAPETEN
- PERMENKES RI No. 4 Tahun 2018 Tentang Kewajiban Rumah Sakit Dan Kewajiban Pasien. Jakarta: Kemenkes
- PERMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 Tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality control*) Peralatan Radiodiagnostik. Jakarta: Kemenkes
- Rasad, S. 2016. *Radiologi Diagnostik*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
- Sari, Ayu Wita & Siti Hartina. 2017. *Uji Kesesuaian Collimator Beam Dengan Berkas Sinar-X Pada Pesawat Raico Di Instalasi Radiologi Raden Mattaheer Jambi. Jurnal Pusat Sains dan Teknologi Akselerator*. 29-34.
- Souisa, Felda, Ratnawati, & Balik Sudarsana. 2014. *Pengaruh Perubahan Jarak Obyek ke Film Terhadap Pembesaran Obyek Pada Pemanfaatan Pesawat Sinar-X, Type CGR. Jurnal Buletin Fisika*. 15(2): 15-21.
- Yoshandi, Tengku Mohammad. 2020. *The Fusion Effect of Computed Radiography Image of Welding Plate Different in Power to Its Image Quality. Journal of Renewable Energy & Mechanics (REM)*. 3(2): 71-77