

Penerapan Uji Kolimator Pesawat Radiografi Stasioner Di Instalasi Radiologi RSUP Prof. Dr. I.G.N.G. Ngoerah

I Made Lana Prasetya^{1*}, Kadek Krisna Bayu², Dea Ryangga³

^{1,2,3}AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, Denpasar, Indonesia

*Corresponding author: lanaprasetya182@gmail.com

Abstrak: Pengujian kendali mutu pada pesawat sinar-X diperlukan untuk memastikan kinerja peralatan radiografi tetap sesuai dengan standar keselamatan dan mampu menghasilkan citra diagnostik yang optimal. Kolimator merupakan salah satu komponen penting yang berfungsi membatasi luas lapangan penyinaran, sehingga kesesuaian antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi perlu diperiksa secara berkala. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil uji kesesuaian kolimator pada pesawat radiografi stasioner di Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah. Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif dengan pendekatan observasional. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap pengujian kolimator menggunakan *Collimator Test Tool* dan *Beam Alignment Test Tool*. Pengujian meliputi kesesuaian antara lapangan cahaya kolimator dengan lapangan sinar-X serta ketegaklurusan berkas sinar-X terhadap pusat lapangan cahaya pada FFD 100 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa deviasi pada sumbu X sebesar 1%, sedangkan deviasi pada sumbu Y sebesar 0,6%, dengan total deviasi sebesar 1,6% FFD. Nilai tersebut berada di bawah batas toleransi, yaitu ΔX dan ΔY masing-masing $\leq 2\%$ FFD serta jumlah $\Delta X + \Delta Y \leq 3\%$ FFD. Pada pengujian ketegaklurusan diperoleh deviasi sebesar $1,5^\circ$, yang masih berada pada batas toleransi $\leq 3^\circ$. Berdasarkan hasil tersebut, kesesuaian lapangan cahaya dan lapangan sinar-X serta ketegaklurusan berkas sinar-X dinyatakan memenuhi standar kendali mutu. Dengan demikian, sistem kolimasi pada pesawat radiografi stasioner masih berfungsi dengan baik dan mendukung kualitas citra serta keselamatan pasien.

Kata kunci: berkas sinar-X, kolimator, kendali mutu, radiografi, keselamatan radiasi

Abstract: Quality control testing of X-ray equipment is necessary to ensure proper equipment performance and optimal diagnostic image quality. The collimator is an important component that limits the radiation field; therefore, the congruence between the light field and X-ray radiation field must be regularly evaluated. This study aimed to determine the results of collimator congruence testing on a stationary radiographic X-ray unit at the Radiology Installation of RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah. This quantitative study employed an observational approach, in which data were obtained through direct observation of collimator testing using a *Collimator Test Tool* and a *Beam Alignment Test Tool*. The tests evaluated the congruence between the light field and X-ray radiation field and the perpendicularity of the X-ray beam to the light field center at an FFD of 100 cm. The results showed deviations of 1.0% FFD on the X-axis and 0.6% FFD on the Y-axis, with a total deviation of 1.6% FFD. These results were within the tolerance limits of $\Delta X \leq 2\%$ FFD, $\Delta Y \leq 2\%$ FFD, and $\Delta X + \Delta Y \leq 3\%$ FFD. The perpendicularity test showed a deviation of 1.5° , which was within the tolerance limit of $\leq 3^\circ$. Therefore, the light field and X-ray radiation field congruence and X-ray beam perpendicularity met the applicable quality control standards. The collimation system was functioning properly and supported image quality and patient radiation safety.

Keywords: collimator, quality control, radiation safety, radiography, X-ray beam

Pendahuluan

Sinar-X adalah bentuk radiasi elektromagnetik dengan energi besar dan panjang gelombang yang sangat pendek mampu menembus jaringan tubuh dan menghasilkan perbedaan atenuasi pada berbagai struktur anatomi. Karakteristik tersebut menjadikan sinar-X banyak dimanfaatkan dalam radiologi diagnostik untuk menghasilkan citra struktur internal tubuh. Pemanfaatannya dalam dunia medis bermula sejak sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Röntgen pada 8 November 1895 dan hingga kini radiografi menjadi salah satu modalitas pencitraan penting dalam menunjang diagnosis berbagai kondisi klinis (Zhang, 2025).

Radiologi diagnostik memanfaatkan pencitraan sinar-X untuk membantu proses diagnosis,

pemantauan, dan penatalaksanaan pasien. Pelayanan radiodiagnostik yang aman dan bermutu tinggi membutuhkan pelaksanaan program penjaminan mutu secara terus-menerus, dengan tujuan melindungi pasien, tenaga kerja, serta lingkungan dari berbagai risiko bahaya yang mungkin timbul (Prasetya & Arthana, 2022). Penggunaan radiasi pengion dalam pencitraan medis memberikan manfaat klinis, tetapi juga memiliki risiko paparan radiasi sehingga diperlukan optimisasi proteksi radiasi. Dalam penerapannya, program *Quality Assurance* dan *Quality Control* berperan penting dalam memantau dan mengevaluasi kinerja peralatan secara berkelanjutan guna menjaga kualitas citra diagnostik serta mendukung proteksi radiasi bagi pasien dan petugas (ICRP, 2023).

Dalam mendukung jaminan mutu dan proteksi radiasi, Peraturan BAPETEN Nomor 4 Tahun 2020 mewajibkan penyelenggaraan kendali mutu (*Quality Control*) pada pesawat sinar-X, yang meliputi kendali mutu internal dan eksternal. Kendali mutu internal dilakukan atau disupervisi oleh fisikawan medik, sedangkan kendali mutu eksternal dilakukan melalui uji kesesuaian. Pelaksanaan kendali mutu secara berkala bertujuan memastikan pesawat sinar-X memenuhi persyaratan keselamatan dan menghasilkan kualitas citra yang optimal untuk menjaga keselamatan pasien, pekerja radiasi, dan masyarakat (BAPETEN, 2020). Di Indonesia, pelaksanaan kendali mutu peralatan radiodiagnostik diatur melalui Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu Peralatan Radiodiagnostik. Pedoman ini menjadi acuan dalam pengujian dan evaluasi kinerja peralatan radiologi secara berkala, meliputi pesawat sinar-X, perlengkapan radiografi, dan sistem pemrosesan citra. Pengujian pesawat sinar-X mencakup tabung sinar-X, kolimator, generator, dan sistem pengendali eksposi yang berperan dalam menjaga keselamatan dan kualitas pemeriksaan radiologi diagnostik (Kemenkes, 2009).

Kolimator merupakan salah satu komponen penting pada pesawat sinar-X yang bertugas membatasi ukuran dan bentuk berkas sinar-X agar hanya area pemeriksaan yang terpapar radiasi. Kolimasi yang tepat dapat mengurangi jaringan yang terkena radiasi dan radiasi hambur (*scatter radiation*), sekaligus meningkatkan kontras citra radiografi. Dengan demikian, kolimasi yang optimal berperan dalam menurunkan dosis radiasi pasien dan mendukung penerapan proteksi radiasi (Bushong, 2020).

Salah satu permasalahan pada pesawat sinar-X adalah ketidaksesuaian antara lapangan radiasi kolimator dan juga lapangan cahaya. Pengujian kesesuaian dilaksanakan untuk memastikan kedua lapangan tersebut berimpit dan merupakan bagian penting dari program kendali mutu (*Quality Control*) (Pratiwi, 2025). Ketidaksesuaian dapat menyebabkan anatomi yang diperiksa tidak seluruhnya terekam atau meningkatkan paparan radiasi yang tidak diperlukan pada organ di luar area pemeriksaan. Oleh karena itu, pengujian kolimator harus dikerjakan secara rutin untuk menjaga kualitas citra diagnostik dan mendukung proteksi radiasi pasien. (IAEA, 2023; Lindström, Hulthén, Sandborg, & Tedgren, 2020).

Untuk menjamin kinerja sistem kolimasi, perlu dilaksanakan pengujian pada keselarasan antara berkas cahaya dengan berkas sinar-X serta pengujian keselarasan berkas (*beam alignment*). Pengujian menggunakan *Collimator Test Tool* untuk menilai kesesuaian lapangan cahaya dan lapangan radiasi, serta *Beam Alignment Test Tool* untuk menilai ketegaklurusan sumbu pusat berkas sinar-X terhadap bidang penerima citra dan ketepatan pusat berkas (Suryani, Annisa, Hulmansyah, & Bisra, 2025). Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009, toleransi penyimpangan kesesuaian kolimator tidak melebihi 2% FFD dan penyimpangan beam alignment tidak melebihi 3°. Pengujian ini bertujuan memastikan arah dan luas berkas sinar-X sesuai, sehingga paparan yang tidak diperlukan dapat diminimalkan dan kualitas citra diagnostik tetap optimal. (Kemenkes, 2009).

Sebagai rumah sakit rujukan tingkat tersier di Provinsi Bali, RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah memiliki frekuensi penggunaan pesawat sinar-X yang tinggi sehingga berpotensi memengaruhi kinerja kolimator dan menyebabkan ketidaksesuaian antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi. Oleh karena itu, pengujian kendali mutu (Quality Control) kolimator perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan akurasi sistem kolimasi tetap terjaga. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009, pengujian menggunakan *Collimator Test Tool* dilakukan setiap satu bulan atau setelah perbaikan untuk menjaga keselamatan pasien dan kualitas citra radiografi.

Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini dilakukan guna mengetahui hasil uji kesesuaian kolimator pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah sebagai upaya penerapan kendali mutu dan jaminan keselamatan radiasi.

Metode

Penelitian ini dirancang dengan metode kuantitatif dan pendekatan observasional untuk mengevaluasi hasil pengujian kolimator pada pesawat radiografi stasioner di Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah. Data diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap proses pengujian menggunakan *Beam Alignment Test Tool* dan *Collimator Test Tool*. Pesawat radiografi yang diuji merupakan pesawat merk PHILIPS, model SR033100, dengan kapasitas maksimum 150 kVp dan nomor seri 264557. Pengujian kesesuaian lapangan dilakukan dengan menempatkan *Imaging Plate* dan *Collimator Test Tool*, kemudian mengatur *Focus Film Distance* sebesar 100 cm dan bukaan kolimator sesuai alat uji. Setelah dilakukan eksposi, hasil citra digunakan untuk mengukur perbedaan antara tepi dari lapangan cahaya dan tepi dari lapangan sinar-X pada sumbu X dan Y. Selisih antara lapangan cahaya dan lapangan sinar-X pada setiap titik dinyatakan dalam satuan cm. Selanjutnya, nilai penyimpangan pada sumbu X dihitung dari jumlah X1 dan X2 terhadap FFD, sedangkan penyimpangan pada sumbu Y dihitung dari jumlah Y1 dan Y2 terhadap FFD. Hasil tersebut kemudian dinyatakan dalam persentase FFD. Total deviasi diperoleh dari

penjumlahan nilai ΔX dan ΔY . Hasil pengukuran dibandingkan dengan batas toleransi yang digunakan dalam penelitian, yaitu ΔX dan $\Delta Y \leq 2\%$ FFD serta $\Delta X + \Delta Y \leq 3\%$ FFD. Pengujian ketegaklurusan dilakukan menggunakan *Beam Alignment Test Tool* dengan faktor eksposi 48 kV dan 1,59 mAs pada FFD 100 cm. Hasil pengujian ketegaklurusan dinilai berdasarkan deviasi sudut dan dibandingkan dengan batas toleransi $\leq 3^\circ$. Hasil pengukuran kemudian didokumentasikan dan dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai hasil pengujian terhadap batas toleransi.

Hasil

Berdasarkan hasil pengujian kolimasi dan ketegaklurusan berkas sinar-X yang telah dilaksanakan pada pesawat radiografi stasioner di Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah, didapatkan hasil pengukuran pada pengujian kolimasi berkas sinar-X terhadap lapangan berkas cahaya kolimator sebagaimana disajikan dalam tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kolimasi Berkas Sinar-X Dengan Berkas Cahaya Kolimator

Titik Ukur	Tepi Lapangan Cahaya (cm)	Tepi Lapangan Sinar-X (cm)	$ \Delta_1 + \Delta_2 $	$\Delta X + \Delta Y$ (%FFD)
X 1	9	9,4	1	1,6
X2	9	9,6		
Y1	7	7	0,6	
Y2	7	7,6		
Nilai Lolos Uji $\leq 3\%$				

Berdasarkan hasil pengujian kesesuaian antara lapangan cahaya kolimator dan lapangan sinar-X pada pesawat radiografi stasioner merk PHILIPS di Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah, diperoleh adanya perbedaan ukuran antara lapangan cahaya yang diproyeksikan oleh kolimator dengan lapangan radiasi sinar-X yang dihasilkan. Data hasil pengukuran pada masing-masing titik pengamatan disajikan sebagai berikut:

$$X1 = \text{Lapangan Sinar-X} - \text{Lapangan Cahaya}$$

$$= 9,4 - 9,0$$

$$= 0,4 \text{ cm}$$

$$X2 = \text{Lapangan Sinar-X} - \text{Lapangan Cahaya}$$

$$= 9,6 - 9,0$$

$$= 0,6 \text{ cm}$$

$$Y1 = \text{Lapangan Sinar-X} - \text{Lapangan Cahaya}$$

$$= 7,0 - 7,0$$

$$= 0 \text{ cm}$$

$$Y_2 = \text{Lapangan Sinar-X} - \text{Lapangan Cahaya}$$

$$= 7,6 - 7,0$$

$$= 0,6 \text{ cm}$$

Untuk menentukan perbedaan antara lapangan kolimasi dan berkas dari sinar-X pada arah sumbu X, perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \Delta X (\% \text{ FFD}) &= \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| \times 100\%}{FFD} \\ &= \frac{|0,4| + |0,6| \times 100\%}{FFD} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat nilai deviasi terhadap FFD pada sumbu X sebesar 1%.

Selanjutnya, nilai selisih antara lapangan kolimasi dan berkas dari sinar-X pada sumbu Y dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \Delta Y (\% \text{ FFD}) &= \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| \times 100\%}{FFD} \\ &= \frac{|0| + |0,6| \times 100\%}{FFD} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai deviasi terhadap FFD pada sumbu Y sebesar 0,6 %.

Jumlah selisih antara lapangan kolimasi dan berkas dari sinar-X pada sumbu X dan sumbu Y ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

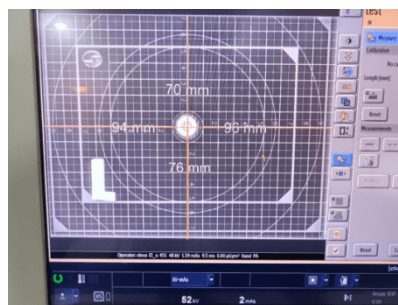
$$\Delta X + \Delta Y = |\Delta X| (\% \text{ FFD}) + |\Delta Y| (\% \text{ FFD})$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh total deviasi antara lapangan kolimasi dan berkas sinar-X pada sumbu X dan sumbu Y sebesar 1,6%. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan batas toleransi yang ditetapkan sebagai kriteria kelulusan uji sebesar:

$$\Delta X \text{ dan } \Delta Y \leq 2\% \text{ FFD}$$

$$\Delta X + \Delta Y \leq 3\% \text{ FFD}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai deviasi pada sumbu X dan sumbu Y masih berada di bawah batas toleransi yang ditetapkan. Dengan demikian, kesesuaian antara lapangan kolimasi dan berkas sinar-X dinyatakan memenuhi standar kendali mutu, sehingga peralatan masih berfungsi dengan baik.

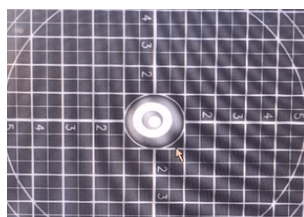


Gambar 2. Hasil Pengujian Kolimasi Berkas Sinar-X Dengan Berkas Cahaya Kolimator

Pada tahap pengujian ketegaklurusan berkas sinar-X terhadap berkas cahaya, digunakan faktor eksposi pada tegangan tabung sebesar 48 kilo Volt dan waktu 1,59 milliAmpere second pada jarak FFD = 100 cm, dengan mengatur *Collimator Test Tool*/serta luas lapangan penyinaran berkas, sehingga diperoleh hasil pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Pengujian Ketegaklurusan Kolimasi Berkas Sinar-X dengan berkas cahaya

Ketegaklurusan	Hasil ukur (°)
	1.5°
Nilai Lolos Uji $\leq 3^\circ$	



Gambar 3. Hasil Pengujian Ketegaklurusan Kolimasi Berkas Sinar-X Dengan Berkas Cahaya

Berdasarkan hasil radiograf pada Gambar 4, bayangan objek pusat tampak mengalami pergeseran horizontal ke arah kanan dari pusat *annulus* sekitar ± 1 mm. Berdasarkan *Leeds TOR ABC Phantom User Manual*, pergeseran objek pusat sekitar 1 mm dari pusat annulus menunjukkan deviasi sudut sekitar $1,5^\circ$ terhadap posisi normal. Bayangan objek pada hasil pengujian tampak tepat menyentuh annulus, sehingga nilai deviasi tersebut masih berada dalam kategori lulus. Batas toleransi kelulusan untuk uji ketegaklurusan kolimasi berkas sinar-X terhadap pusat berkas cahaya adalah $\leq 3^\circ$. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, nilai deviasi masih berada dalam rentang toleransi yang ditetapkan, sehingga ketegaklurusan berkas sinar-X pada pesawat radiografi stasioner dinyatakan memenuhi standar yang berlaku.

Pembahasan

Kolimator merupakan salah satu komponen penting dalam sistem radiografi yang berfungsi membatasi luas lapangan penyinaran disesuaikan dengan area anatomi yang akan dilakukan

pemeriksaan. Kesesuaian antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi diperlukan untuk memastikan bahwa area yang telah ditentukan oleh radiografer sesuai dengan area yang menerima paparan sinar-X. Ketidakesesuaian antara kedua lapangan tersebut dapat menyebabkan anatomi yang diperiksa tidak seluruhnya terekam atau meningkatkan paparan radiasi pada jaringan di luar area pemeriksaan. Maka dari itu, pengujian kolimator perlu dilakukan secara rutin untuk menjaga kualitas citra diagnostik dan mendukung proteksi radiasi pasien (Lindström et al., 2020).

Berdasarkan hasil pengujian pada pesawat radiografi stasioner merk PHILIPS di Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah, diperoleh deviasi pada sumbu X sebesar 1% FFD dan deviasi pada sumbu Y sebesar 0,6% FFD. Hasil penjumlahan deviasi pada kedua sumbu tersebut sebesar 1,6% FFD. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan batas toleransi yang digunakan dalam penelitian ini berlandaskan pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009. Batas toleransi yang digunakan adalah deviasi pada masing-masing sumbu X dan Y $\leq 2\%$ FFD serta jumlah deviasi $\Delta X + \Delta Y \leq 3\%$ FFD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa deviasi sumbu X sebesar 1% FFD masih berada 1% FFD di bawah batas toleransi, sedangkan deviasi sumbu Y sebesar 0,6% FFD masih berada 1,4% FFD di bawah batas toleransi. Jumlah deviasi sebesar 1,6% FFD juga masih berada 1,4% FFD di bawah batas maksimum 3% FFD. Dengan demikian, hasil pengujian kesesuaian lapangan cahaya dan juga lapangan sinar-X memenuhi batas toleransi yang ditetapkan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun terdapat perbedaan antara lapangan cahaya dan lapangan sinar-X, nilai penyimpangan yang didapat masih berada pada batas yang diperbolehkan. Dengan FFD 100 cm, total deviasi sebesar 1,6% FFD setara dengan 1,6 cm. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem kolimasi masih mampu menghasilkan kesesuaian lapangan penyinaran dalam batas toleransi. Hasil ini sejalan dengan teori bahwa kolimasi yang tepat dapat membatasi area yang terkena radiasi, mengurangi jaringan yang terpapar dan radiasi hambur, serta mendukung kualitas citra radiografi dan proteksi radiasi pasien (Bushong, 2020).

Pengujian selanjutnya adalah ketegaklurusan berkas sinar-X terhadap pusat lapangan cahaya. Hasil pengujian menunjukkan deviasi sebesar $1,5^\circ$. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009, batas toleransi penyimpangan beam alignment yang digunakan adalah $\leq 3^\circ$. Hasil pengujian sebesar $1,5^\circ$ masih berada $1,5^\circ$ di bawah batas toleransi tersebut. Dengan demikian, ketegaklurusan berkas sinar-X pada pesawat radiografi stasioner yang diuji masih memenuhi batas toleransi yang ditetapkan.

Ketegaklurusan berkas sinar-X adalah salah satu parameter penting dalam kendali mutu karena berkaitan dengan ketepatan arah dan pusat berkas terhadap lapangan cahaya. Berdasarkan teori pada pendahuluan, pengujian beam alignment dilakukan untuk memastikan arah dan pusat berkas sinar-X tetap sesuai sehingga dapat mendukung ketepatan proyeksi

anatomi dan kualitas citra. Penyimpangan arah berkas yang berlebihan dapat berpotensi menyebabkan distorsi dan kesalahan proyeksi anatomi. Pada penelitian ini, nilai deviasi sebesar $1,5^\circ$ yang masih berada di bawah batas toleransi $\leq 3^\circ$ menunjukkan bahwa ketegaklurusan berkas sinar-X masih dalam kondisi yang dapat diterima.

Secara keseluruhan, hasil pengujian memperlihatkan bahwa seluruh parameter yang diuji masih memenuhi batas toleransi yang digunakan. Deviasi pada sumbu X sebesar 1% FFD dan sumbu Y sebesar 0,6% FFD memenuhi batas masing-masing $\leq 2\%$ FFD, sedangkan jumlah deviasi sebesar 1,6% FFD memenuhi batas $\leq 3\%$ FFD. Pengujian ketegaklurusan juga menunjukkan hasil sebesar $1,5^\circ$ yang memenuhi batas $\leq 3^\circ$. Berdasarkan perbandingan tersebut, sistem kolimasi pada pesawat radiografi stasioner di Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah dinyatakan memenuhi standar kendali mutu. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem kolimasi masih berfungsi dengan baik dalam membatasi juga mengatur berkas sinar-X sesuai dengan area pemeriksaan, sehingga dapat mendukung kualitas citra dan keselamatan pasien.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, kesesuaian lapangan cahaya dan lapangan radiasi pada pesawat radiografi stasioner merk PHILIPS diperoleh deviasi sebesar 1,6% FFD, sehingga memenuhi batas toleransi $\leq 3\%$ FFD. Pengujian ketegaklurusan berkas sinar-X menunjukkan deviasi sudut sebesar $1,5^\circ$, sehingga memenuhi batas toleransi $\leq 3^\circ$. Dengan demikian, kolimator pesawat radiografi stasioner dinyatakan lulus uji dan memenuhi batas toleransi yang ditetapkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Instalasi Radiologi RSUP Prof. dr. I.G.N.G. Ngoerah atas kesempatan dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan pengamatan serta pengambilan data penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan penelitian ini.

Referensi

- BAPETEN. (2020). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia*. Retrieved from <https://jdih.bapeten.go.id/unggah/dokumen/peraturan/1028-full.pdf>
- Bushong, S. C. (2020). *Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection 12th Edition* (12th Edition, Vol. 68). St. Louis, MO: Elsevier. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00221346908981514>
- IAEA. (2023). Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology. *Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology*, (47), 1–208. Retrieved from <https://www.iaea.org/publications/14890/handbook-of-basic-quality-control-tests-for-diagnostic-radiology>
- Kemenkes. (2009). *KMK No 1250 Tahun 2009 ttg Kendali Mutu Radiodiagnostik.pdf*. Retrieved from <https://id.scribd.com/document/396793191/KMK-No-1250-Tahun-2009-ttg-Kendali-Mutu->

Radiodiagnostik-pdf

- Lindström, J., Hulthén, M., Sandborg, M., & Tedgren, Å. C. (2020). Development and assessment of a quality assurance device for radiation field–light field congruence testing in diagnostic radiology. *Journal of Medical Imaging*, 7(06), 1–14. <https://doi.org/10.1117/1.jmi.7.6.063501>
- Pratiwi, R. F. (2025). *Compliance test of field area conformity and beam straightness on x-ray machines in radiological installation*. 1(1), 43–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.58524/jhep.v1i1.44>
- Suryani, K., Annisa, A., Hulmansyah, D., & Bisra, M. (2025). *Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat SINAR-X di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab*. 3(3), 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.59945/jpnm.v3i3.660>
- Zhang, J. (2025). Quality and Patient Safety in Medical Imaging. In J. Zhang (Ed.), *Quality and Patient Safety in Medical Imaging*. Cham: Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-89007-9>