

ANALISIS UJI LINEARITAS mAs DAN REPRODUKSIBILITAS kVp PADA PESAWAT MOBILE X-RAY DI LABORATORIUM RADIOLOGI SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN CIREBON TAHUN 2026

Imam Suyudi¹, Imam Ariantoko², Aniq Alimmuddin³, Herdy Ferdianza⁴
1,2,3,4 Diploma 3 Radiodiagnostik dan Radioterapi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon Jawa Barat,
Indonesia

*Email: imamsuyudi12b@gmail.com (*Koresponden)

Riwayat Artikel

Submitted: 03 Agustus 2026

Received: 27 Agustus 2026

Accepted: 30 Agustus 2026

Published: 31 Agustus 2026

Abstrak

Pesawat mobile X-ray di Laboratorium Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon adalah Pesawat mobile X-ray produk BMX-AF 4 berkapasitas 110 kVp dan 100 mA sudah memiliki hasil uji dari penguji berkualifikasi pada tahun 2022 akan tetapi belum diuji ulang untuk mengetahui hasil uji linearitas mAs dan reproduksibilitas kVp sudah sesuai dengan PERBA BAPETEN No. 2 tahun 2018. Tujuan penelitian dari Karya Tulis Ilmiah yaitu mengetahui hasil linearitas mAs dan reproduksibilitas kV pada pesawat mobile X-ray di Laboratorium radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan observasi secara langsung secara langsung yang dilakukan di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon pada tanggal 25 Mei 2026. Hasil pengujian linearitas mAs dan reproduksibilitas kVp yang dilakukan di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon untuk hasil uji linearitas yang digunakan 16 mAs, 20 mAs, 25 mAs dan 32 mAs masih dalam batas normal yaitu $\leq 0,1$ atau 10 % dan uji reproduksibilitas yang digunakan 40 kVp, 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp dan 80 kVp memiliki penyimpangan kV dengan persentase penyimpangan terkecil sebesar 0,9% pada 50 kV dan Persentase penyimpangan terbesar 3,7% pada tegangan 80 kV. Penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi laboratorium radiologi agar diwaktu mendatang dilakukan pengujian ulang reproduksibilitas menggunakan kVp yang lebih tinggi karena semakin besar kVp yang digunakan maka semakin besar penyimpangannya.

Kata kunci : Linearitas, Reproduksibilitas, Pesawat mobile X-ray

Abstract

The mobile X-ray aircraft in the Radiology Laboratory of the Cirebon Health Sciences College is the BMX-AF 4 product mobile X-ray aircraft with a capacity of 110 kVp and 100 mA already has test results from qualified examiners in 2022 but has not been retested to determine the results of the mAs linearity test and kVp reproducibility in accordance with BAPETEN PERBA No. 2 of 2018. The research objective of the Scientific Paper is to determine the results of mAs linearity and kV reproducibility on mobile X-ray aircraft at the radiology laboratory of the Cirebon Health Sciences College. This study uses a quantitative descriptive method with direct observation conducted at the Laboratory of the Cirebon Health Sciences College on May 25, 2026. The results of the mAs linearity and kVp reproducibility tests conducted at the Cirebon Health Sciences College Laboratory for the linearity test results used 16 mAs, 20 mAs, 25 mAs and 32 mAs are still within normal limits, namely ≤ 0.1 or 10% and the reproducibility test used 40 kVp, 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp and 80 kVp has a kV deviation with the smallest percentage deviation of 0.9% at 50 kV and the largest percentage deviation of 3.7% at 80 kV voltage. This research can be used as a reference for radiology laboratories so that in the future reproducibility retesting is carried out using a higher kVp because the greater the kVp used, the greater the deviation.

Keywords : Linearity, Reproducibility, Pesawat mobile X-ray

Pendahuluan

Pemeriksaan radiografi merupakan salah satu modalitas pencitraan diagnostik yang paling banyak digunakan dalam pelayanan kesehatan karena mampu menghasilkan informasi anatomi secara cepat, akurat, dan relatif ekonomis (Mora et al., 2021). Meningkatkan penggunaan pesawat sinar-X dalam pelayanan kesehatan menuntut terselenggaranya program quality assurance (QA) dan quality control (QC) yang komprehensif untuk menjamin konsistensi kualitas citra diagnostik sekaligus meminimalkan paparan radiasi kepada pasien dan petugas. Menurut (Quality Assurance Programme for Digital Radiology. IAEA Human Health Series, 2025) mencakup seluruh tindakan yang direncanakan dan sistematis untuk memastikan bahwa sistem radiologi mampu menghasilkan informasi diagnostik yang memadai dengan dosis radiasi serendah mungkin sesuai kebutuhan klinis, sedangkan QC merupakan bagian dari QA yang dilakukan melalui pengujian berkala terhadap kinerja peralatan radiologi.

Kualitas citra radiografi sangat dipengaruhi oleh parameter eksposi, terutama tegangan tabung (kVp) dan arus-waktu tabung (mAs). Nilai kVp menentukan energi dan daya tembus berkas sinar - X, sedangkan mAs menentukan jumlah foton sinar-X yang dihasilkan (Energy Agency, 2023), antara nilai parameter yang diatur pada panel kontrol dengan keluaran aktual pesawat dapat menurunkan kualitas citra, meningkatkan dosis radiasi pasien. Oleh sebab itu, pengendalian parameter eksposi melalui program QC menjadi salah satu indikator utama dalam evaluasi performa pesawat radiografi (Soglo et al., 2024).

Salah satu pengujian penting dalam program QC adalah uji linearitas mAs dan uji reproduksiabilitas kVp (Quality Assurance Programme for Digital Radiology. IAEA Human Health Series, 2025). Uji linearitas bertujuan mengevaluasi konsistensi keluaran radiasi terhadap perubahan nilai mAs sehingga peningkatan mAs menghasilkan keluaran radiasi yang proporsional. Sementara itu, uji reproduksiabilitas kVp digunakan untuk memastikan bahwa generator mampu menghasilkan tegangan tabung yang konsisten pada pengaturan eksposi yang sama. Menurut IAEA, kedua parameter tersebut merupakan bagian dari pengujian performa rutin yang harus dilakukan untuk menjamin kestabilan keluaran radiasi serta mempertahankan kualitas citra diagnostik.

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 (Kesehatan, 2009) pengendalian mutu (quality control) pada

pesawat sinar-x dilakukan untuk menjaga performa dan kinerja alat agar tetap optimal serta menjamin mutu pelayanan radiologi. Dalam Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 (Nuklir, 2018), salah satu parameter uji yang menjadi konsentrasi adalah pengujian akurasi kVp dan linearitas (uji mAs) dilakukan setiap 1 tahun sekali untuk menjaga performance dan kinerja pesawat sinar-X selalu dalam kondisi yang optimal. Menjamin ketelitian, akurasi dan keamanan dalam segi penggunaan radiasi pesawat sinar-X dilakukan prosedur kalibrasi atau uji kesesuaian secara teratur sesuai Peraturan Badan (PERBA) BAPETEN No. 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan intervensional.

Berdasarkan PERBA BAPETEN No. 2 tahun 2018 nilai lolos dari reproduksiabilitas yang mencakup keluaran radiasi koefisien varian $\leq 0,05$, tegangan puncak (kVp) koefisien varian $\leq 0,05$, waktu penyinaran (ms) koefisien varian $\leq 0,05$ dan untuk linearitas koefisien linearitas (CL) $\leq 0,1$. Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kebutuhan untuk melakukan evaluasi kembali terhadap performa pesawat mobile X-ray di Laboratorium Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon. Pesawat mobile X-ray merek BMI tipe BMX-AF 4 dengan kapasitas 110 kVp dan 100 mA telah menjalani uji kesesuaian pada tahun 2022, tetapi belum dilakukan pengujian ulang untuk mengetahui kondisi terkini linearitas mAs dan reproduksiabilitas kVp. Belum tersedianya data pengujian terbaru menyebabkan kesesuaian keluaran parameter eksposi terhadap standar yang berlaku belum dapat dipastikan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis uji linearitas mAs dan reproduksiabilitas kVp pada pesawat mobile X-ray tersebut berdasarkan batas toleransi yang ditetapkan dalam Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi data dasar (baseline data) bagi laboratorium dalam melakukan pemantauan dan evaluasi kinerja pesawat secara berkala.

Metode

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan desain deskriptif observasional yang bertujuan untuk mengevaluasi performa pesawat mobile X-ray melalui pengujian parameter quality

control, yaitu linearitas mAs dan reproduksiabilitas kVp. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kesesuaian keluaran radiasi terhadap standar yang ditetapkan dalam Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 2 Tahun 2018 (Nuklir, 2018) tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional. Penelitian ini tidak melibatkan pasien atau manusia sebagai objek penyinaran. Seluruh pengukuran dilakukan menggunakan quality control test equipment sebagai objek uji, sehingga tidak dilakukan paparan radiasi diagnostik terhadap pasien. Setiap eksposi dilakukan hanya pada saat pengukuran parameter linearitas mAs dan reproduksiabilitas kVp, dengan memastikan area sekitar pesawat kosong dari personel yang tidak berkepentingan.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Radiologi Program Diploma Tiga Radiodiagnostik dan Radioterapi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon, Jawa Barat, Indonesia. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 25 Mei 2026. Prosedur keamanan dan keselamatan selama proses pengujian, penerapan keselamatan radiasi dilakukan untuk meminimalkan risiko paparan radiasi bagi peneliti dan pihak lain di sekitar area pengujian. Sebelum pengujian dilakukan, area pemeriksaan dipastikan dalam kondisi aman dan tidak terdapat orang yang tidak berkepentingan di sekitar sumber radiasi. Pengujian dilakukan oleh peneliti dengan memperhatikan prinsip proteksi radiasi, yaitu justifikasi, optimasi, dan pembatasan paparan. Selama penyinaran, peneliti berada pada posisi yang aman dengan memaksimalkan jarak dari sumber radiasi dan menggunakan pelindung radiasi yang tersedia sesuai prosedur keselamatan. Area pengujian juga dipastikan tidak digunakan oleh pihak lain selama proses eksposi berlangsung. Setelah seluruh pengukuran selesai, pesawat mobile X-ray dimatikan dan peralatan dikembalikan pada kondisi semula.

Objek penelitian adalah satu unit pesawat mobile X-ray merek BMI tipe BMX-AF 4 dengan kapasitas maksimum 110 kVp dan 100 mA, tahun pembuatan 2021, nomor seri 912168, serta menggunakan tabung sinar-X tipe OX110-5. Pesawat tersebut digunakan sebagai media praktikum mahasiswa dan

sebelumnya telah menjalani uji kesesuaian pada tahun 2022.

Instrumen utama penelitian adalah pesawat mobile X-ray sebagai objek pengujian. Pengukuran parameter keluaran radiasi dilakukan menggunakan alat uji kualitas (*quality control test equipment*) yang telah dikalibrasi oleh lembaga berwenang sesuai prosedur pengujian pesawat radiologi. Selain itu, digunakan lembar observasi untuk mencatat hasil pengukuran setiap parameter eksposi.

Variabel yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari :

- 1) Variabel pertama, yaitu linearitas mAs, yang dinilai berdasarkan kesesuaian perubahan keluaran radiasi terhadap perubahan keluaran radiasi terhadap perubahan nilai mAs pada beberapa kombinasi parameter eksposi.
- 2) Variabel kedua, yaitu reproduksiabilitas kVp, yang dinilai berdasarkan konsistensi keluaran tegangan tabung pada pengaturan eksposi yang sama.

Sebelum pengujian dilakukan, pesawat mobile X-ray diperiksa untuk memastikan seluruh komponen berada dalam kondisi baik dan siap digunakan. Selanjutnya dilakukan pemasangan alat ukur sesuai petunjuk operasional serta prosedur pengujian yang berlaku.

Pengujian linearitas mAs dilakukan dengan menggunakan tegangan tabung 40 kVp, 50 kVp, dan 60 kVp, sedangkan variasi arus-waktu tabung yang digunakan adalah 16 mAs, 20 mAs, 25 mAs, dan 32 mAs. Setiap kombinasi parameter diekspos dan nilai keluaran radiasi dicatat untuk menghitung koefisien linearitas (*coefficient of linearity*).

Pengujian reproduksiabilitas kVp dilakukan pada pengaturan tegangan tabung 40 kVp, 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp, dan 80 kVp. Pada setiap nilai tegangan dilakukan pengukuran berulang sebanyak dua kali untuk memperoleh nilai rata-rata keluaran tegangan tabung. Selanjutnya dihitung koefisien variasi (*coefficient of variation*) untuk mengevaluasi konsistensi keluaran tegangan.

Seluruh prosedur pengujian dilaksanakan mengacu pada Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 mengenai uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional.

Hasil

1. Pengujian linearitas mAs menggunakan pesawat mobile X Ray di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk pesawat : BMI
- Jenis pesawat : Mobile Unit
- Series : BMX REF M0AF4.2
- Kapasitas tersedia : 110 kVp dan 100 mA
- Nomer seri : 912168
- Type tabung : OX110-5
- Tahun pembuatan 2021

Hasil pada pengujian linearitas mAs pesawat mobile X Ray di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon dengan cara mengukur variasi sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai keluaran mAs yang telah dilakukan pengujian

kVp	mAs			
	16	20	25	32
0 kVp	4,0 µGy	4,9 µGy	021 mGy	324 mGy
0 kVp	46 mGy	55 mGy	941 mGy	487 mGy
0 kVp	,9 mGy	,4 mGy	004 mGy	,9 mGy

2. Hasil pada pengujian reproduksiabilitas kVp pesawat mobile X Ray di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon dengan cara mengukur variasi sebagai berikut :

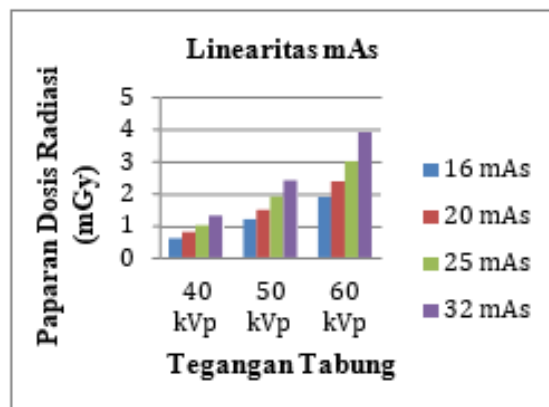
Tabel 2. Nilai keluaran kV yang telah dilakukan pengujian

kVp	Eksposi		Rata-rata
	1	2	
40 kVp	40,6	40,2	40,4
50 kVp	49,5	49,6	49,55
60 kVp	59,1	59,2	59,15
70 kVp	67,6	68,3	67,95
80 kVp	76,7	77,4	77,05

Pembahasan

1. Uji Linearitas mAs

Berdasarkan hasil pengujian linearitas mAs pesawat mobile x ray yang dilakukan di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon sebagai berikut :



Grafik 1. Hasil uji linearitas mAs

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No.1250 tahun 2009 untuk menghitung nilai persentase dari penyimpangan dari arus tabung (mAs) pesawat mobile x ray menggunakan persamaan dibawah ini :

$$CL = \frac{X_{max} - X_{min}}{X_{max} + X_{min}}$$

Dari persamaan diatas diperoleh hasil pengukuran nilai persentase penyimpangan arus tabung pesawat mobile X Ray BMI dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Keluaran radiasi mAs

kVp	mAs				$\frac{X_{max} - X_{min}}{X_{max} + X_{min}}$	
	16	20	25	32	mAs dan 16	mAs dan 25
40 kVp	54,0 µGy	14,9 µGy	021 mGy	324 mGy	0,1428 %	0,1324 %
50 kVp	246 mGy	555 mGy	941 mGy	487 mGy	0,1111 %	0,1162 %
60 kVp	1,9 mGy	2,4 mGy	004 mGy	3,9 mGy	0,1162 %	0,1304 %

Berdasarkan tabel 3. menyatakan bahwa quality control dalam pengujian linearitas mAs yang bertujuan agar peralatan yang digunakan dalam kondisi baik saat digunakan. Dalam uji linearitas mAs, mAs mengontrol kuantitas sinar-X dan dosis radiasi yang diterima pasien. Semakin banyak aliran elektron yang menuju tabung sinar-X, maka

semakin banyak sinar-X yang dihasilkan. Jika terjadi penurunan nilai mAs maka semakin sedikit sinar-X yang dihasilkan berarti dosis radiasi yang diterima pasien mengalami penurunan.

Linearitas sebuah pesawat mobile X Ray harus diperhatikan agar keluaran arus tabung bisa sesuai tanpa adanya radiasi yang berlebih yang dimana akan menyebabkan pelanggaran radiasi yaitu optimasi. Optimasi keselamatan radiasi yang diatur dalam PERBA BAPETEN nomer 4 tahun 2020 (NUKLIR & INDONESIA, 2020) harus diupayakan agar pasien menerima dosis radiasi serendah mungkin sesuai dengan keperluan untuk mencapai diagnostik dan berdasarkan PP no. 33 tahun 2007 tentang keselamatan radiasi harus memenuhi beberapa persyaratan proteksi radiasi yang meliputi justifikasi, limitasi, optimasi proteksi dan keselamatan radiasi.

Berdasarkan tabel 4.3 persentase penyimpangan pada 40 kV, 20 mAs dan 16 mAs sebesar 0,1428%, pada 40 kV, 32 mAs dan 25 mAs sebesar 0,1304%, 50 kV, 20 mAs dan 16 mAs sebesar 0,1111%, 50 kV, 32 mAs dan 25 mAs sebesar 0,1162%, 60 kV, 20 mAs dan 16 mAs sebesar 0,1162% dan 60 kV, 32 mAs dan 25 mAs sebesar 0,1304%.

Berdasarkan tabel 4.3 menyatakan bahwa dapat diketahui bahwa persentase penyimpangan keluaran arus tabung yang dihasilkan oleh pesawat mobile X Ray di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon masih dalam batas toleransi penyimpangan yang diizinkan oleh PERBA BAPETEN no 2 tahun 2018 yaitu 10 % atau 0,1.

2. Uji Reproduksiabilitas kVp

Berdasarkan hasil percobaan uji reproduksiabilitas kVp pesawat mobile X Ray yang dilakukan di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon sebagai berikut :

Dari hasil nilai rata-rata keluaran tegangan tabung menunjukkan adanya perbedaan antara besar tegangan tabung yang diatur dikontrol panel dengan nilai keluaran tegangan tabung yang terukur. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No.1250 tahun 2009 (K. M. Kesehatan, 2009) koefisien varian tegangan tabung sebagai berikut :

$$CV = \frac{\text{selisih tegangan}}{\text{tegangan yang diatur pada kontrol panel}} \times 100 \%$$

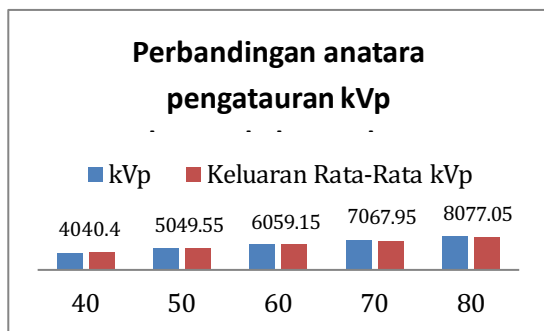
Dari persamaan diatas diperoleh hasil pengukuran nilai persentase penyimpangan tegangan tabung yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 Persentase penyimpangan kVp

kVp	Eksposi		R ata-rata	Selisih kV	Eror %
	1	2			
40 kVp	40,6	40,2	40,4	0,4	1
50 kVp	49,5	49,6	49,55	0,45	0,9
60 kVp	59,1	59,2	59,15	0,85	1,4
70 kVp	67,6	68,3	67,95	2,05	2,9
80 kVp	76,7	77,4	77,05	2,95	3,7

Berdasarkan tabel 4.4 persentase diatas diketahui penyimpangan pada 40 kV sebesar 1%, 50 kV sebesar 0,9%, 60 kV sebesar 1,4%, 70 kV sebesar 2,9% dan 80 kV sebesar 3,7%. Persentase penyimpangan terbesar 3,7% pada tegangan 80 kV dan persentase penyimpangan terendah 0,9% pada tegangan 50 kV. Ketidaksesuaian antara keluaran kVp pada tabung sinar-X dengan kV yang diatur dikontrol panel bisa disebabkan beberapa faktor, diantaranya : adanya fluktuasi dari tegangan sumber PLN dan pemakaian yang terlalu lama yang berakibat ketidakstabilan dari tegangan tabung.

Dari tabel 4. dapat diketahui bahwa persentase penyimpangan keluaran tegangan tabung yang dihasilkan oleh pesawat mobile X Ray di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon masih dalam batas toleransi penyimpangan yang diizinkan oleh PERBA BAPETEN no 2 tahun 2018 yaitu $\leq 0,05$ atau 5 %.



Grafik 2. Perbandingan pengaturan kVp dengan keluaran kVp

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai pengujian pada pesawat mobile X Ray merk BMI dengan produk BMX-AF 4 di Laboratorium radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon sebagai berikut : Uji linearitas mAs di Laboratorium Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon masih berada dalam kondisi handal $CL \leq 0,1$ atau 10 %. Uji reproduksibilitas di Laboratorium Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon masih berada dalam batas nilai toleransi $CV < 0,05$ atau 5%. Sebelum dilakukan penelitian terkait uji linearitas mAs dan uji reproduksibilitas kVp disarankan agar memahami uji tersebut. Penulis menyarankan agar diwaktu mendatang dilakukan pengujian ulang reproduksibilitas menggunakan kVp yang lebih tinggi karena semakin besar kVp yang digunakan maka semakin besar penyimpangannya. Sebagai baseline data dan melengkapi data tentang uji linearitas mAs dan uji reproduksibilitas kVp di Laboratorium Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon. Penelitian ini diharapkan menambah informasi dan wawasan tentang uji linearitas mAs dan reproduksibilitas kVp pada pesawat mobile X Ray.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan pada pimpinan, tim LPPPM Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Cirebon yang telah memfasilitasi dana riset dan teman sejawat yang telah membantu penulis sehingga riset ini berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

Energy Agency, I. A. (2023). *IAEA Human Health*

Series No 47 handbook of basic quality control test for diagnostic radiology. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/PUB2021_web.pdf

Kesehatan, M. (2009). *Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1250 Tahun 2009 Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/Menkes/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik.* <https://peraturan.bpk.go.id/>

Mora, P., Pfeiffer, D., Zhang, G., Bosmans, H., & Delis, H. (2021). The IAEA remote and automated quality control methodology for radiography and mammography. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 22(11). <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/acm2.13431>

Nuklir, B. P. T. (2018). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensial.* <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-badan-pengawas-tenaga-nuklir-nomor-2-tahun-2018-tentang-uji-kesesuaian-pesawat-sinar-x-radiologi-diagnostik-dan-intervensial>

Quality Assurance Programme for Digital Radiology. IAEA Human Health Series. (2025). *Quality Assurance Programme for Digital Radiology. IAEA Human Health Series No. 48.* https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/p15730-PUB2101_web.pdf

Soglo, T. R., Inkoom, S., & Hasford, F. (2024). First implementation of quality control procedures on selected X-ray machines in South of Benin. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*, 30(1). <https://reference-global.com/article/10.2478/pjmpe-2024-0005>