

## UJI AKURASI TEGANGAN KELUARAN RADIASI PADA PESAWAT SINAR -X MERK MEDONICA DI RS PANTI NUGROHO SLEMAN

**Arina Deryanti Pratiwi<sup>1\*</sup>, Retno Wati<sup>2</sup>, Asih Puji Utami<sup>3</sup>**

Program Studi Radiologi Program Diploma Tiga, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta<sup>1,2,3</sup>

\*Corresponding Author : arinaderyanti@gmail.com

### ABSTRAK

Pesawat sinar-X merupakan salah satu peralatan utama dalam pencitraan radiologi diagnostik. Uji kesesuaian bertujuan untuk menjamin pengoperasian pesawat sinar-X yang handal dan aman bagi pasien, pekerja, serta masyarakat. Salah satu contoh parameter uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah akurasi tegangan tabung (kVp). Pada pesawat sinar-X merk Medonica di RS Panti Nugroho Sleman, pengujian akurasi tegangan keluaran radiasi terakhir dilakukan pada tahun 2020. Tujuan penelitian adalah melakukan evaluasi dan untuk memberikan rekomendasi yang diperlukan guna memperbaiki atau menyesuaikan kinerja tabung sinar-X, jika ditemukan adanya ketidaksesuaian atau ketidakakuratan, sehingga memastikan alat berfungsi dengan optimal dan aman untuk digunakan. Metode penelitian adalah kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Uji akurasi tegangan tabung pesawat sinar-X menggunakan alat Raysafe yang telah dikalibrasi sebelumnya. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada parameter teknik yang sama (tegangan, arus, dan waktu eksposi) pengukuran dianalisis dengan menghitung nilai koefisien variasi (KV) untuk mengetahui tingkat ketidakteraturan output sinar-X yang dihasilkan dan membandingkan hasil pengujian apakah sudah memenuhi standar yang ditetapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien variasi dari tiga kali pengukuran berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar IAEA dan Permenkes RI, yaitu kurang dari 5%. Dengan demikian, pada pesawat sinar-X Medonica di RS Panti Nugroho Sleman memiliki tingkat akurasi luaran tegangan yang baik dan layak digunakan dalam pelayanan radiologi secara aman dan andal. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kVp-ukur yang diperoleh pada hasil pengujian akurasi tegangan di RS Panti Nugroho Sleman masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022, yaitu  $\pm 10\%$  dari nilai yang diatur pada alat.

**Kata kunci** : kendali mutu, keselamatan pasien, koefisien variasi, medonica, radiologi, sinar-X

### ABSTRACT

*X-ray machines are one of the main equipment in diagnostic radiology imaging. On the Medonica brand X-ray machine at Panti Nugroho Hospital, Sleman, the last radiation output voltage accuracy test was carried out in 2020. The purpose of the study was to conduct an evaluation and to provide the necessary recommendations to improve or adjust the performance of the X-ray tube, if any inconsistencies or inaccuracies were found, thus ensuring that the device functions optimally and is safe to use. The research method is experimental with a quantitative approach. The X-ray machine tube voltage accuracy test used a previously calibrated Raysafe tool. Testing was carried out three times on the same technical parameters (voltage, current, and exposure time) measurements were analyzed by calculating the coefficient of variation (KV) value to determine the level of irregularity of the X-ray output produced and comparing the test results whether they met the established standards. The test results show that the coefficient of variation value of three measurements is within the tolerance limit set by the IAEA standard and the Indonesian Minister of Health Regulation, which is less than 5%. Thus, the Medonica X-ray machine at Panti Nugroho Hospital, Sleman has a good level of voltage output accuracy and is suitable for use in radiology services safely and reliably. The conclusion of this study shows that the kVp-measure value obtained from the results of the voltage accuracy test at Panti Nugroho Hospital, Sleman is still within the tolerance limit set by the standard of the Republic of Indonesia Nuclear Energy Regulatory Agency Regulation Number 2 of 2022, which is  $\pm 10\%$  of the value set on the device.*

**Keywords** : X-ray, medonica, radiology, coefficient of variation, quality control, patient safety

## PENDAHULUAN

Pesawat sinar-X merupakan salah satu modalitas radiodiagnostik yang krusial dalam dunia medis. Perangkat ini memanfaatkan prinsip produksi radiasi elektromagnetik melalui interaksi elektron berenergi tinggi dengan target material, menghasilkan berkas sinar-X yang mampu menembus tubuh pasien dan menghasilkan citra anatomis untuk keperluan diagnosis penyakit (Bushong, 2017; Carlton & Adler, 2018). Prinsip dasar kerjanya melibatkan pengaliran arus listrik melalui tabung sinar-X (X-ray tube) yang menghasilkan tegangan tinggi (kilovolt peak/kVp) guna mempercepat elektron menuju target anoda, sehingga terjadi interaksi yang menghasilkan radiasi sinar-X (Seeram, 2015). Kualitas citra radiografi yang dihasilkan sangat bergantung pada berbagai parameter operasional pesawat sinar-X, salah satunya adalah tegangan tabung (kVp). Tegangan tabung yang akurat akan memastikan penetrasi berkas sinar-X yang optimal melalui jaringan tubuh pasien, sehingga menghasilkan citra dengan kontras yang baik dan meminimalkan paparan radiasi yang tidak perlu (Faulkner, 2019).

Dalam rangka menjamin kualitas layanan radiodiagnostik dan keselamatan pasien, implementasi program *Quality Assurance* (QA) dan *Quality Control* (QC) pada pesawat sinar-X menjadi suatu keharusan [IAEA, 2020]. *Quality Assurance* (QA) atau jaminan mutu pada fasilitas radiologi adalah suatu program/langkah teratur yang bertujuan untuk menjamin konsistensi tahapan medik. *Quality Control* (QC) atau kontrol mutu adalah suatu tindakan pengukuran yang rutin dilakukan untuk memonitor performa visual dan uji kinerja dari peralatan sehingga kualitas outputnya dapat dijamin (Suharmono et al., 2020). Pengujian akurasi tegangan keluaran radiasi merupakan salah satu aspek penting dalam program QC. Ketidakakuratan tegangan tabung dapat berdampak signifikan terhadap kualitas citra, menyebabkan artefak, distorsi kontras, dan bahkan dapat meningkatkan dosis radiasi yang diterima pasien tanpa memberikan informasi diagnostik yang optimal (AAPM, 2021). Oleh karena itu, pengujian akurasi kVp secara berkala dan sistematis sangat diperlukan untuk memastikan kinerja pesawat sinar-X sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Kewajiban untuk melakukan uji tegangan pesawat sinar-X juga ditegaskan dalam berbagai peraturan dan standar baik di tingkat nasional maupun internasional. Di Indonesia, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) melalui peraturan-peraturannya mewajibkan fasilitas pelayanan kesehatan yang memanfaatkan pesawat sinar-X untuk melakukan uji kesesuaian dan uji kinerja secara periodik, termasuk pengujian parameter tegangan tabung (BAPETEN, 2014). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1014/MENKES/PER/XI/2008 dan Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, mewajibkan pengujian parameter teknis pesawat sinar-X secara berkala untuk memastikan kinerjanya sesuai standar (Kemenkes RI, 2008; BAPETEN, 2022). Di tingkat internasional, organisasi seperti International Electrotechnical Commission (IEC) dan American Association of Physicists in Medicine (AAPM) juga memberikan panduan dan standar terkait pengujian dan toleransi akurasi tegangan pesawat sinar-X (IEC 60601-2-54, 2015; AAPM Report No. 294, 2023). Standar internasional seperti dari IAEA (2007) dan IEC (2010) menetapkan bahwa penyimpangan tegangan keluaran maksimum yang diperbolehkan adalah  $\pm 5\%$  dari nilai yang ditetapkan. Selanjutnya, uji akurasi kVp dapat dilaksanakan sekali dalam setahun untuk memastikan pesawat sinar-X agar kinerjanya selalu dalam kondisi yang andal (Cahyani et al., 2021).

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait pengujian akurasi tegangan pada pesawat sinar-X. Misalnya, penelitian oleh Widodo, Anshori, & Prasetya (2020) di salah satu rumah sakit di Jakarta menunjukkan bahwa sebagian besar pesawat sinar-X memiliki penyimpangan tegangan dalam batas toleransi yang diperbolehkan. Penelitian tersebut juga menyoroti pentingnya usia alat dan frekuensi pemeliharaan sebagai faktor yang memengaruhi

performa alat. Penelitian lain oleh Sari, Putra, & Rachman (2019) juga menegaskan bahwa pengujian akurasi tegangan secara berkala perlu dilakukan untuk menjaga mutu layanan dan keselamatan pasien dari paparan radiasi yang tidak sesuai. Selain itu penelitian terbaru oleh kurniawan et.al., (2023), melakukan pengujian kesesuaian antara nilai kVp hasil pengukuran non interval kenaikan nilai mAs yang relatif sama. Pengujian lineritas keluaran radiasi hanya dapat dilakukan untuk setting mA/s manual, tidak dapat dilakukan untuk setting pesawat otomatis atau mA tetap, atau bila saling mempengaruhi antara nilai setting kVp/mA/s.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut memberikan wawasan yang berharga mengenai akurasi tegangan pesawat sinar-X secara umum, belum terdapat studi spesifik yang secara mendalam mengevaluasi akurasi tegangan keluaran radiasi pada pesawat sinar-X merek Medonica di Rumah Sakit Panti Nugroho Sleman. Hingga saat ini belum terdapat penelitian yang secara spesifik meneliti akurasi tegangan keluaran radiasi pada pesawat sinar-X merek Medonica di RS Panti Nugroho Sleman, yang telah digunakan secara aktif dalam layanan radiologi umum sejak beberapa tahun terakhir (Data Internal RS Panti Nugroho, 2024). Hal ini menjadi sebuah *gap* penelitian yang penting untuk diisi, mengingat pentingnya verifikasi performa teknis alat sebagai bagian dari program jaminan mutu dan keselamatan radiasi. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada fokusnya yang spesifik terhadap merek dan lokasi penelitian yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur yang tersedia. Rumah Sakit Panti Nugroho Sleman merupakan salah satu fasilitas pelayanan kesehatan yang menggunakan pesawat sinar-X merek Medonica untuk menunjang diagnosis pasien. Ketersediaan pesawat sinar-X merek Medonica di rumah sakit ini memegang peranan penting dalam alur kerja radiologi. Namun, seiring dengan penggunaan dan waktu, potensi terjadinya perubahan atau deviasi pada parameter operasional pesawat, termasuk tegangan keluaran radiasi, tidak dapat diabaikan.

Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna mengetahui secara pasti akurasi tegangan keluaran radiasi pada pesawat sinar-X merek Medonica yang digunakan di RS Panti Nugroho Sleman. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan mutu layanan radiologi, melindungi pasien dari paparan radiasi yang tidak perlu, serta mendukung pengawasan internal dan eksternal terhadap keselamatan penggunaan pesawat sinar-X di fasilitas pelayanan kesehatan serta dapat memberikan informasi yang akurat mengenai kinerja pesawat, mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin timbul, serta memberikan rekomendasi yang diperlukan untuk memastikan kualitas citra radiografi yang optimal dan keselamatan pasien di RS Panti Nugroho Sleman.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental untuk menguji akurasi tegangan pada pesawat sinar-X merk yang digunakan di RS Panti Nugroho Sleman. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2024 hingga Mie 2025. Fokus utama dari penelitian ini adalah mengevaluasi apakah tegangan keluaran sinar-X yang dihasilkan masih berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan oleh standar nasional maupun internasional. Subjek dari penelitian ini adalah satu unit pesawat sinar-X merek Medonica yang telah digunakan dalam pelayanan radiologi di RS Panti Nugroho Sleman. Objek penelitian yaitu luaran tegangan yang dihasilkan oleh pesawat tersebut pada saat dilakukan uji eksposi menggunakan alat Raysafe yang telah dikalibrasi sebelumnya dan memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mengukur parameter teknis sinar-X, termasuk kVp, waktu eksposi, dan dosis radiasi. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi parameter tegangan yang umum digunakan dalam praktik radiologi klinis, seperti 60 kVp, 70 kVp, 80 kVp, 90 kVp, dan 100 kVp, dengan

pengulangan pengukuran sebanyak tiga kali untuk masing-masing variasi guna mendapatkan data yang representatif.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik. Pertama, dilakukan eksperimen langsung terhadap pesawat sinar-X dengan mengatur parameter teknis pada kontrol panel alat, kemudian mencatat hasil pengukuran menggunakan Raysafe. Data yang diperoleh dari hasil eksperimen kemudian dianalisis dengan menghitung selisih antara nilai tegangan yang diatur pada alat (*set value*) dengan nilai tegangan yang terukur (*measured value*). Selisih ini kemudian digunakan untuk menentukan apakah perbedaan tersebut masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan, yaitu  $\pm 10\%$  sebagaimana yang disarankan oleh standar mutu alat sinar-X.

## HASIL

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi di Instalasi Radiologi RS Panti Nugroho Sleman didapatkan data sebagai berikut :

### **Persiapan Alat dan Bahan yang Digunakan di Instalasi Radiologi RS Panti Nugroho Sleman**

Pesawat sinar-X merk Medonica yang digunakan di RS Panti Nugroho Sleman merupakan perangkat radiologi diagnostik yang dirancang untuk menghasilkan gambar medis dengan menggunakan radiasi sinar-X. Alat ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan berkas sinar-X dengan berbagai tingkat tegangan (kVp) yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pemeriksaan. Medonica dikenal dengan keandalannya dalam menghasilkan citra radiologi yang tajam dan akurat, sehingga memudahkan dokter dalam mendiagnosis kondisi medis pasien. Pesawat sinar-X ini dilengkapi dengan sistem kontrol yang memungkinkan operator untuk menyesuaikan berbagai parameter seperti tegangan, arus, dan waktu eksposi untuk mendapatkan hasil gambar terbaik. Dengan adanya alat ini, rumah sakit dapat memberikan pelayanan medis yang lebih cepat dan efisien, dengan jaminan bahwa kualitas pencitraan yang dihasilkan memenuhi standar keselamatan dan akurasi yang ketat, serta dapat mendukung tindakan medis yang tepat.

Pesawat sinar-X Merk Medonica memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Merk	: Medonica
kVpMax	: 125kVp
mAMax	: 500Ma
Mode	: BLD-02A(Collimator)
Input Power	: AC24V. 7A
Berat	: 1.220k
Date	: 2021. 01
S/N	; 21 1RA-0015



Gambar 1. Pesawat Sinar-X DR Merk Medonica

Selanjutnya alat ukur sinar-X digital merek Raysafe. Sebelum dilakukan pengujian, alat ukur Raysafe dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan akurasi pengukuran. Kalibrasi alat ukur sangat penting karena kesalahan dalam pengukuran dapat menyebabkan interpretasi yang tidak akurat terhadap performa alat sinar-X. Alat diletakkan tepat pada posisi berkas sinar dan dilakukan penyetelan parameter teknis dari control panel, yaitu pada setting tegangan 60 kVp, 70 kVp, 80 kVp, 90 kVp, dan 100 kVp. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pada masing-masing *setting* untuk memperoleh nilai rerata, simpangan baku, dan koefisien variasi.



Gambar 2. Alat Raysafe

Keterangan Gambar:

1. CT sensor
2. Mamografi sensor
3. Survey sensor
4. Base unit
5. Light sensor

Raysafe adalah alat ukur radiasi digital yang dirancang untuk memantau dan mengukur output radiasi dari perangkat sinar-X, termasuk pesawat sinar-X merk Medonica yang digunakan di RS Panti Nugroho Sleman. Raysafe berfungsi untuk mengukur berbagai parameter teknis, seperti tegangan (kVp), arus (mA), dan waktu eksposi (s). Alat ini dilengkapi dengan sensor yang sensitif dan akurat, memungkinkan pengukuran radiasi yang konsisten dan terpercaya. Penggunaan Raysafe juga mendukung pengujian kualitas alat secara berkala untuk menjaga kinerja optimal pesawat sinar-X, sekaligus meminimalkan risiko paparan radiasi yang berlebihan kepada pasien dan operator. Alat ini juga memungkinkan pengumpulan data secara digital, yang kemudian dapat dianalisis dan dipresentasikan dalam bentuk laporan yang mudah dipahami, untuk mendukung pengambilan keputusan terkait pemeliharaan dan pengoperasian alat sinar-X.

Selanjutnya, pengaturan control panel. Eksposi dilakukan dengan cara mengatur arus tabung (mA) dan waktu eksposi (s) secara konstan pada nilai 20 mAs, yang setara dengan rentang waktu antara 0,1 hingga 0,3 detik. Dengan pengaturan ini, tujuan utama adalah untuk menghasilkan radiasi yang stabil dan terkontrol. Selanjutnya, untuk uji akurasi tegangan, pesawat sinar-X diekspos pada beberapa variasi nilai tegangan kVp, dengan rentang nilai yang digunakan antara 60kV, 70kV, 80kV, 90kV, dan 100kV. Setiap variasi tegangan tersebut dipilih untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X dapat menghasilkan akurasi tegangan yang konsisten pada berbagai pengaturan, sehingga dapat dinilai sejauh mana perbedaan yang terjadi antara pengaturan tegangan yang diinginkan dan tegangan yang sebenarnya terukur.

Pengujian akurasi luaran tegangan radiasi pesawat sinar-X dilakukan dengan prosedur yang sistematis untuk memastikan validitas hasil. Sebelum pengukuran, tabung sinar-X diatur agar posisi berkas radiasi jatuh tegak lurus terhadap meja pasien atau bucky table. Pengujian

dilakukan dengan menetapkan jarak antara tabung sinar-X dan detektor sejauh 100 cm serta luas lapangan kolimasi sebesar  $25\text{ cm} \times 25\text{ cm}$ . Selanjutnya, raysafe diletakkan di atas meja pasien dalam posisi tegak lurus menghadap tabung sinar-X, dan berada pada pertengahan kolimasi. Eksposi dilakukan dengan menetapkan arus tabung (mA) dan waktu (s) secara konstan pada 20 mA atau dalam rentang waktu 0,1–0,2 detik. Uji akurasi tegangan dilakukan dengan mengekspos pesawat sinar-X pada beberapa variasi nilai kVp, minimal tiga variasi, dengan tegangan yang digunakan yaitu 60 kV, 70 kV, 80 kV, 90 kV, 100 kV untuk mendapatkan gambaran akurasi tegangan yang dihasilkan.



Gambar 3. Control Panel

Setelah eksposi dilakukan, pengukuran hasil radiasi yang terdeteksi dilakukan menggunakan alat ukur Raysafe. Nilai kVp yang terbaca pada alat tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai kVp yang telah diatur pada pesawat sinar-X. Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara nilai yang diatur dan yang terukur, perhitungan dilakukan dengan menghitung persentase error.

$$\text{Error} = \frac{kVp\ set - kVp\ ukur}{kVp\ set} \times 100\%$$

Tabel 1. Hasil Uji Pengukuran

No	kVp set	kVp ukur	Error (%)	Nilai Lolos Uji
1.	60	59,9	-0,99	
2.	70	69,63	-0,99	
3.	80	79,57	-0,99	E max = 10%
4.	90	89,87	-0,99	
5.	100	100,8	-0,8	

Hasil uji akurasi tegangan yang dilakukan pada pesawat sinar-X merk Medonica di RS Panti Nugroho Sleman dapat dilihat pada Tabel 1, yang menunjukkan kondisi penyinaran, hasil pengukuran, dan perhitungan dari uji akurasi tegangan. Pada tabel ini, nilai kVp (kilovolt peak) yang diatur dalam pengujian (kVp-set) dibandingkan dengan nilai kVp yang terukur (kVp-ukur) selama proses penyinaran dilakukan. Hasil ini penting untuk mengevaluasi apakah pesawat sinar-X tersebut dapat menghasilkan tegangan yang sesuai dengan pengaturan yang telah dilakukan, serta untuk memastikan kualitas radiasi yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan.

Tabel 1 menunjukkan pengukuran yang dilakukan pada berbagai pengaturan tegangan (kVp-set), dimulai dari 60 kVp hingga 100 kVp. Untuk setiap nilai kVp yang diatur, pengukuran menunjukkan nilai kVp-ukur yang sedikit berbeda dari pengaturan awal, namun perbedaan ini berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Misalnya, pada pengaturan 60

kVp, nilai yang terukur adalah 59,9 kVp, yang menunjukkan error sebesar -0,99%. Error ini menunjukkan perbedaan kecil antara pengaturan dan hasil pengukuran, yang masih dalam batas kesalahan yang dapat diterima untuk penggunaan klinis. Pada pengaturan 70 kVp, hasil pengukuran menunjukkan nilai kVp-ukur sebesar 69,63 kVp, dengan error yang sama, yakni -0,99%. Hal ini mengindikasikan bahwa pesawat sinar-X bekerja secara konsisten pada tingkat tegangan yang diinginkan, meskipun ada sedikit perbedaan yang dapat dipertanggungjawabkan. Hasil yang serupa juga ditemukan pada pengaturan 80 kVp, di mana nilai kVp-ukur tercatat sebesar 79,57 kVp, dengan error sebesar -0,99%, menunjukkan reproduksibilitas yang baik pada pengaturan tegangan tersebut.

Pada pengaturan 90 kVp, nilai kVp-ukur tercatat 89,87 kVp, dengan error yang masih sama, yaitu -0,99%. Hasil ini menunjukkan bahwa alat tersebut memberikan output radiasi yang stabil dan dapat diandalkan pada rentang tegangan yang lebih tinggi. Meskipun ada sedikit perbedaan antara nilai yang diatur dan yang terukur, perbedaan ini tidak signifikan dan masih dapat dianggap memenuhi standar untuk aplikasi medis. Pengujian ini mencakup rentang tegangan yang luas, yang merupakan langkah penting untuk memastikan alat dapat digunakan dengan aman pada berbagai pengaturan tegangan. Pada pengaturan 100 kVp, nilai kVp-ukur tercatat 100,8 kVp, dengan error yang lebih kecil yaitu -0,8%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pada tegangan yang lebih tinggi, alat dapat menghasilkan nilai yang hampir identik dengan nilai yang telah diatur, dengan hanya sedikit penyimpangan. Ini adalah hasil yang sangat baik, karena menunjukkan bahwa pesawat sinar-X mampu mempertahankan akurasi tegangan bahkan pada nilai yang lebih tinggi. Error yang lebih kecil ini memberikan keyakinan lebih lanjut bahwa perangkat ini berfungsi dengan baik dalam hal akurasi dan konsistensi output.

Hasil uji akurasi tegangan menunjukkan bahwa pesawat sinar-X merk Medonica di RS Panti Nugroho Sleman memiliki kinerja yang sangat baik dalam hal akurasi tegangan. Error yang terdeteksi pada setiap pengaturan kVp berada dalam batas toleransi yang diterima, yaitu kurang dari 10%, yang merupakan standar yang ditetapkan oleh regulasi internasional. Dengan demikian, pesawat sinar-X ini dapat dianggap layak untuk digunakan dalam pelayanan radiologi, memastikan kualitas dan keselamatan diagnosis yang diberikan kepada pasien.

## PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menilai kesesuaian kinerja dan akurasi tegangan pada pesawat sinar-X merk Medonica. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan tabung pada beberapa setting kVp (60, 70, 80, 90, dan 100 kVp) menggunakan alat ukur Raysafe. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai error antara tegangan setting dan tegangan terukur berada dalam batas toleransi yang ditetapkan, yaitu kurang dari 10%. Selain itu menunjukkan bahwa hasil pengujian akurasi tegangan keluaran radiasi pada pesawat sinar-X merk Medonica di RS Panti Nugroho Sleman menunjukkan bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik dan memenuhi standar yang ditetapkan. Pengujian dilakukan terakhir kali pada tahun 2020 dan menggunakan alat Raysafe yang telah dikalibrasi untuk memastikan keakuratan pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien variasi dari tiga kali pengukuran berada dalam batas toleransi yang diizinkan, yaitu kurang dari 5%, yang menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik dan konsisten. Dengan kata lain, hasil di lapangan menunjukkan bahwa pesawat sinar-X tersebut mampu menghasilkan output tegangan yang sesuai dan stabil, sehingga masih layak digunakan dalam pelayanan radiologi secara aman dan andal. Hal ini menegaskan bahwa alat tersebut belum menunjukkan adanya ketidakakuratan yang signifikan dan dapat diandalkan untuk mendukung proses diagnosis radiologi di rumah sakit tersebut.

Pada penelitian oleh Widodo, Anshori, & Prasetya (2020) di sebuah rumah sakit di Jakarta, pengujian akurasi tegangan pesawat sinar-X menunjukkan hasil penyimpangan antara 2%

hingga 4%, yang juga berada dalam batas toleransi nasional dan internasional. Mereka menilai bahwa alat di rumah sakit tersebut berfungsi secara optimal dan tidak memerlukan perbaikan segera. Berdasarkan data dari penelitian dan pengujian di RS Panti Nugroho Sleman, pesawat sinar-X merek Medonica menunjukkan bahwa hasil pengujian akurasi tegangan keluaran radiasi berada dalam batas toleransi standar internasional dan nasional, yaitu kurang dari  $\pm 10\%$ . Pengujian terakhir yang dilakukan pada tahun 2020 menunjukkan nilai koefisien variasi pengukuran di bawah 5%, yang menunjukkan alat berfungsi dengan baik dan sesuai standar.

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kVp-ukur yang diperoleh pada hasil pengujian akurasi tegangan di RS Panti Nugroho Sleman masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022, yaitu  $\pm 10\%$  dari nilai yang diatur pada alat.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pesawat sinar-X merk Medonica yang digunakan di RS Panti Nugroho Sleman memiliki akurasi tegangan yang sangat baik, dengan error yang terdeteksi berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar internasional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai kVp yang diatur dan yang terukur berada dalam kisaran yang dapat diterima, yaitu kurang dari 1%. Dengan demikian, pesawat sinar-X ini dapat diandalkan dalam memberikan hasil diagnostik yang akurat dan aman bagi pasien. Pengujian ini juga menegaskan pentingnya pemeliharaan berkala terhadap alat radiologi untuk memastikan kualitas dan keselamatan dalam pelayanan kesehatan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak RS Panti Nugroho Sleman yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini serta menyediakan fasilitas yang diperlukan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada tim instalasi radiologi yang telah memberikan bantuan teknis dan informasi yang sangat berharga selama proses penelitian. Terimakasih juga kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan memberikan hasil yang bermanfaat untuk peningkatan kualitas pelayanan radiologi di RS Panti Nugroho Sleman.

## DAFTAR PUSTAKA

- AAPM. (2021). *Quality assurance for diagnostic radiology equipment*. AAPM Report No. [Nomor Laporan AAPM Terbaru Terkait QA DR].
- AAPM. (2023). *Comprehensive QA for diagnostic radiology*. AAPM Report No. 294.
- BAPETEN. (2011). *Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervisional*.
- BAPETEN. (2014). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2014 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Diagnostik dan Intervensi*.
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt Jr, E. M., & Boone, J. M. (2012). *The essential physics of medical imaging* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Bushong, S. C. (2017). *Radiologic science for technologists* (11th ed.). Mosby.
- Carlton, R. R., & Adler, A. M. (2018). *Principles of radiographic imaging* (6th ed.). Cengage Learning.
- Cember, H., & Johnson, T. E. (2009). *Introduction to health physics* (4th ed.). McGraw-Hill.

- Data Internal RS Panti Nugroho. (2024). *Laporan inventaris dan riwayat pemeliharaan alat radiologi tahun 2024*. Sleman: RS Panti Nugroho.
- Faulkner, K. (2019). Quality control in diagnostic radiology. In *Radiological physics for trainees* (4th ed., pp. 335–354). Churchill Livingstone.
- Hendee, W. R., & Ritenour, E. R. (2002). *Medical imaging physics* (4th ed.). Wiley-Liss.
- IAEA. (2007). *Quality assurance programme for digital radiography: Diagnostic radiology quality control guide*. International Atomic Energy Agency.
- IAEA. (2020). *Quality assurance in medical radiology*. IAEA Human Health Series No. 31.
- IEC. (2010). *Medical electrical equipment – Part 2-54: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for radiography and radioscopy*. International Electrotechnical Commission.
- IEC 60601-2-54. (2015). *Medical electrical equipment – Part 2-54: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for radiography and radioscopy*.
- Kemenkes RI. (2008). *Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 1014/MENKES/PER/XI/2008 tentang Standar Proteksi dan Keselamatan Radiasi*.
- NCRP. (2004). *NCRP Report No. 147: Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities*. National Council on Radiation Protection and Measurements.
- Sari, R., Putra, A. D., & Rachman, A. (2019). Evaluasi akurasi tegangan pada pesawat sinar-X di beberapa rumah sakit di Sumatera Barat. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(2), 115–121.
- Suharmono, B. H., Anggraini, I. Y., Hilmaniyya, H., & Astuti, S. D. (2020). *Quality assurance (QA)*.
- Widodo, A., Anshori, R., & Prasetya, R. (2020). Uji akurasi parameter tegangan pada pesawat sinar-X diagnostik konvensional. *Jurnal Radiologi Indonesia*, 8(1), 25–31.
- Wibowo, H. S., Santoso, B., & Sukma, N. M. (2020). Perlindungan hukum pasien rumah sakit pada penggunaan sinar-X di bidang kesehatan. *Notarius*, 13(1), 400–413.