

UJI AKURASI TEGANGAN KELUARAN RADIASI PADA PESAWAT SINAR-X MERK FDR SMART X DI RS PKU MUHAMMADIYAH BANTUL

Shelvira Salsabila^{1*}, Asih Puji Utami²

Program Studi Radiologi Program Diploma Tiga, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta^{1,2}

*Corresponding Author : shelvirasalsabila70@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur uji akurasi tegangan tabung pesawat sinar-X menggunakan alat Raysafe dan membandingkan hasil pengujian apakah sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Subyek dari penelitian adalah pesawat sinar-X merk FDR Smart X di RS PKU Muhammadiyah Bantul. Objek penelitian ini adalah data dari pengujian tegangan keluaran radiasi (kVp) yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X merk FDR Smart X di RS PKU Muhammadiyah Bantul. Pengumpulan data pada penelitian ini adalah pengambilan data primer dengan eksperimen, dan studi kepustakaan. Eksposi dilakukan dengan menetapkan arus tabung (mA) dan waktu (s) secara konstan pada 20 mAs atau dalam rentang waktu 0,1–0,2 detik. Uji akurasi tegangan dilakukan dengan mengekspos pesawat sinar-X pada beberapa variasi nilai kVp yaitu 60,70,80,90, dan 100. Hasil dari pengujian tersebut dianggap memenuhi standar dan Hasil uji akurasi tegangan pada pesawat sinar-X merk FDR Smart X menunjukkan bahwa nilai kVp-ukur hampir sama dengan nilai kVp-set pada seluruh pengaturan. Error yang terjadi berada dalam batas toleransi yang diterima, yaitu kurang dari 1%. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022, akurasi kVp pada alat sinar-X seharusnya memiliki toleransi error kurang dari 10%. Toleransi error yang kecil ini menunjukkan bahwa pesawat sinar-X di RS PKU Muhammadiyah Bantul memiliki performa yang baik dalam menghasilkan tegangan keluaran radiasi yang sesuai dengan pengaturan yang diinginkan.

Kata kunci : pengujian akurasi tabung, pesawat sinar-X, radiologi

ABSTRACT

This study aims to measure the X-ray tube voltage accuracy test using the Raysafe tool and compare the test results whether they meet the standards set by the Regulation of the Nuclear Energy Regulatory Agency of the Republic of Indonesia Number 2 of 2022. This research is a quantitative study with an experimental approach. The subject of the study was the FDR Smart X X-ray device at PKU Muhammadiyah Bantul Hospital. The object of this research is the data from the testing of radiation output voltage (kVp) produced by the FDR Smart X brand X-ray aircraft at PKU Muhammadiyah Bantul Hospital. Data collection in this research is primary data collection by experimentation, literature study and documentation. The exposures were performed by setting the tube current (mA) and time (s) constantly at 20 mAs or within a time range of 0.1-0.2 seconds. The voltage accuracy test was performed by exposing the X-ray plane to several variations of kVp values, namely 60, 70, 80, 90, and 100. The results of the voltage accuracy test on the FDR Smart X brand X-ray aircraft show that the measured kVp value is almost the same as the kVp-set value at all settings. The error that occurs is within the acceptable tolerance limit, which is less than 1%. Based on the Regulation of the Nuclear Energy Regulatory Agency of the Republic of Indonesia Number 2 of 2022, the kVp accuracy on X-ray equipment should have an error tolerance of less than 10%. This small error tolerance indicates that the X-ray equipment at PKU Muhammadiyah Bantul Hospital has good performance in producing radiation output voltage in accordance with the desired settings.

Keywords : X-ray aircraft, tube accuracy testing, radiology

PENDAHULUAN

Pesawat sinar-X merupakan salah satu perangkat pencitraan yang digunakan sebagai alat diagnosa. Sinar-X. Seiring dengan perkembangannya yang pesat. Sinar-X banyak digunakan dalam pelayanan kesehatan khususnya di bidang radiologi, sehingga diperlukan pesawat sinar-X yang andal. Pesawat sinar-X yang andal adalah pesawat sinar-X yang menjamin ketelitian, akurasi dan keamanan penggunaannya (Nur Isnaeni et al., 2024). Sinar-X bekerja dengan prinsip radiasi pengion, di mana foton sinar-X menembus tubuh dan diserap secara berbeda oleh berbagai jaringan dan struktur. Hasilnya adalah gambar yang menunjukkan kepadatan dan komposisi area yang diperiksa, memungkinkan visualisasi tulang, jaringan lunak, dan kelainan pada tubuh (Allan, 2023). Untuk memastikan kinerja optimal peralatan sinar-X, optimasi paparan radiasi memerlukan penerapan program Quality Assurance (QA) dan Quality Control (QC). Tujuan utama dari quality assurance adalah memastikan bahwa semua komponen dalam peralatan radiografi tetap terjaga dan berfungsi sesuai dengan standar kualitas yang berlaku (Hjouj et al., 2022).

Quality Assurance (QA) atau jaminan mutu pada fasilitas radiologi adalah suatu program/langkah teratur yang bertujuan untuk menjamin konsistensi tahapan medis : pemenuhan keamanan dalam pemberian dosis untuk volume organ target tersebut dan dosis seminimal mungkin untuk jaringan normal dan paparan pada personil serta pemantauan yang cukup pada pasien setelah tindakan dengan pertimbangan biaya rendah dan dosis penyinaran terhadap pasien yang serendah-rendahnya. *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). Di Indonesia, pemantauan dan pengujian alat radiologi telah diatur dalam Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, yang mengharuskan setiap fasilitas kesehatan melakukan uji kualitas alat sinar-X secara berkala. Salah satu parameter penting yang diuji adalah akurasi tegangan keluaran untuk memastikan bahwa nilai kVp yang dihasilkan sesuai dengan nilai yang diatur pada alat (BAPETEN, 2022).

Uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah suatu tindakan untuk menetapkan pesawat sinar-X dalam kondisi handal untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Uji kesesuaian dimaksudkan untuk menjamin pengoperasian pesawat sinar-X yang handal dan selamat untuk pasien, pekerja, dan masyarakat. Salah satu contoh parameter uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah akurasi tegangan. Hasil radiografi, kualitas dan kuantitas salah satunya dipengaruhi oleh tegangan pemercepat Kilovolt (kV). Uji akurasi kVp dilaksanakan sekali dalam setahun untuk memastikan pesawat sinar-X agar kerjanya selalu dalam kondisi yang andal (Cahyani et al., 2021).

Pada pesawat sinar-X merk FDR Smart X di Instalasi Radiologi RS PKU Muhammadiyah Bantul, pengujian akurasi tegangan keluaran radiasi terakhir dilakukan pada tahun 2021. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur uji akurasi tegangan tabung pesawat sinar-X menggunakan alat Raysafe dan membandingkan hasil pengujian apakah sudah memenuhi standar atau batas toleransi tertentu agar menjadi pedoman bagi pemilik fasilitas untuk mengambil tindakan yang terbaik seperti perbaikan peralatan atau mengganti dengan pesawat yang baru.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental, yang bertujuan untuk menguji akurasi tegangan keluaran radiasi pada pesawat sinar-X yang

dilakukan di RS PKU Muhammadiyah Bantul. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2024 – Januari 2025. Subyek dari penelitian adalah pesawat sinar-X merk FDR Smart X di RS PKU Muhammadiyah Bantul. Objek penelitian ini adalah data dari pengujian tegangan keluaran radiasi (kVp) yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X merk FDR Smart X di RS PKU Muhammadiyah Bantul. Pengumpulan data pada penelitian ini adalah pengambilan data primer dengan eksperimen, studi kepustakaan dan dokumentasi.

HASIL

Hasil penelitian memuat temuan yang telah dilakukan di Instalasi Radiologi RS PKU Muhammadiyah Bantul. Penelitian diawali dengan menggunakan alat dan bahan berupa Pesawat Sinar X, Raysafe, dan Control Panel.



Gambar 1. Pesawat Sinar-X Merk FDR Smart X



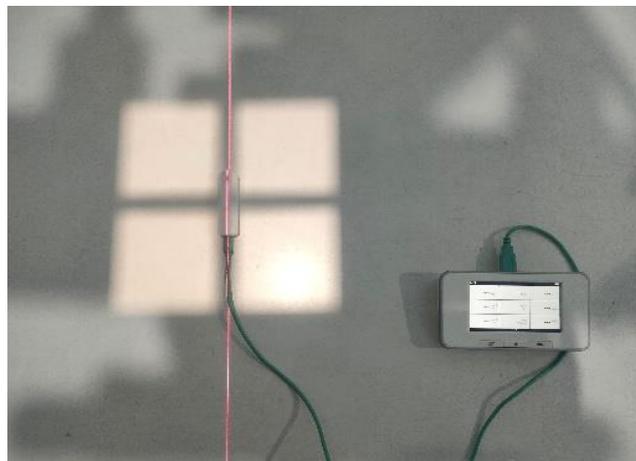
Gambar 2. Alat Raysafe

Pada penelitian ini, pengujian akurasi tegangan keluaran 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 cm × 25 cm.



Gambar 3. Control Panel

Selanjutnya, raysafe diletakkan di atas meja pasien dalam posisi tegak lurus menghadap tabung sinar-X, dan berada pada pertengahan kolimasi seperti gambar berikut :



Gambar 4. Posisi Raysafe

Eksposi dilakukan dengan menetapkan arus tabung (*mA*) dan waktu (*s*) secara konstan pada 20 mAs 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. Dari hasil pengukuran, nilai kVp yang terbaca pada alat ukur raysafe dibandingkan dengan nilai kVp yang telah diatur pada pesawat sinar-X. Perbedaan antara nilai kVp yang diatur (*kVp-set*) dan nilai kVp yang diukur (*kVp-ukur*) dihitung dalam bentuk persentase error setiap data dengan rumus sebagai berikut :

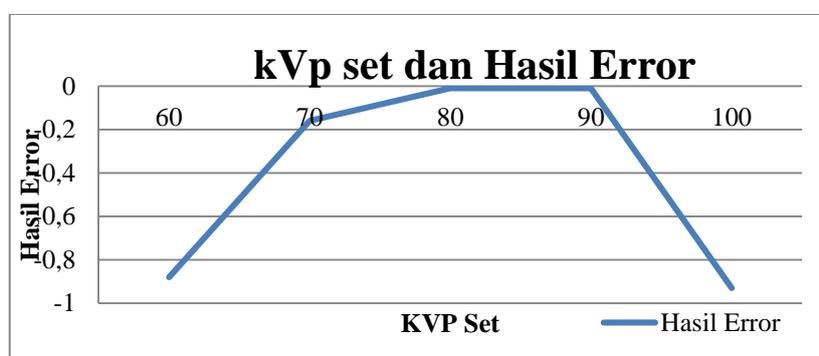
$$Error = \frac{kVp\ set - kVp\ ukur}{kVp\ set} \times 100\%$$

Dengan kVp set adalah tegangan pada panel kendali dan kVp ukur adalah tegangan yang terukur pada kVp meter. Hasil uji akurasi tegangan dapat dilihat dari Tabel 1 yang menampilkan kondisi penyinaran, hasil pengukuran, serta hasil perhitungan dari uji akurasi tegangan. Kondisi penyinaran merupakan pengaturam tegangan inous (kVp-setting) dan pengukuran arus waktu pada nilai 20 mAs. Hasil pengukuran menampilkan nilai tegangan terukur (kVp-ukur).

Tabel 1. Hasil Uji Pengukuran

No	kVp set	kVp ukur	Error (%)	Nilai Lolos Uji
1.	60	60,53	-0,88	E max = 10%
2.	70	70,17	-0,16	
3.	80	80,53	-0,01	
4.	90	91,40	-0,01	
5.	100	101,93	-0,93	

Berdasarkan tabel 1, nilai error yang dihasilkan dianggap memenuhi standar yang ditetapkan dan Hasil uji akurasi tegangan pada pesawat sinar-X merk FDR Smart X menunjukkan bahwa nilai kVp-ukur hampir sama dengan nilai kVp-set pada seluruh pengaturan. Error yang terjadi berada dalam batas toleransi yang diterima, yaitu kurang dari 1%. Berdasarkan Peraturan BAPETEN dan pedoman lainnya, akurasi kVp pada alat sinar-X seharusnya memiliki toleransi error kurang dari 10%. Oleh karena itu, hasil uji pada alat ini dapat dilihat dari grafik berikut:

**Grafik 1. kVp Set dan Hasil Error**

Berdasarkan grafik 1, menunjukkan toleransi error yang kecil pada pesawat sinar-X di RS PKU Muhammadiyah Bantul memiliki performa yang baik dalam menghasilkan tegangan keluaran radiasi yang sesuai dengan pengaturan yang diinginkan. Pengujian yang konsisten dan pemeliharaan rutin pada alat ini sangat penting untuk memastikan bahwa tegangan keluaran tetap dalam batas aman, mengingat ketepatan pengaturan kVp mempengaruhi kualitas gambar radiologi dan dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Namun, walaupun hasil uji menunjukkan kinerja yang baik, tetap disarankan untuk melakukan pengujian secara berkala sesuai dengan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 untuk memastikan bahwa alat tetap berfungsi dengan baik dan untuk meminimalkan potensi risiko terhadap keselamatan pasien dan tenaga medis.

PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian mengenai Akurasi tegangan tabung sinar-X dalam pencitraan medis merupakan faktor yang sangat penting karena secara langsung memengaruhi kualitas citra radiografi, dosis radiasi yang diterima pasien, serta keselamatan dan efektivitas prosedur diagnostik. Tegangan tabung sinar-X (kVp) menentukan energi dan penetrasi sinar-X yang dihasilkan, sehingga berpengaruh pada kontras dan kejernihan gambar yang dihasilkan. Jika tegangan terlalu rendah, sinar-X mungkin tidak cukup menembus jaringan tubuh, menghasilkan citra yang kurang tajam dan meningkatkan kebutuhan untuk pengulangan pemeriksaan. Sebaliknya, jika tegangan terlalu tinggi, kontras gambar bisa berkurang, dan pasien dapat menerima dosis radiasi yang lebih tinggi dari yang diperlukan. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada pesawat sinar-X merk FDR Smart X di RS PKU

Muhammadiyah Bantul, ditemukan bahwa semua parameter yang diuji masih dalam batas aman dan sesuai dengan standar yang berlaku. Tegangan keluaran yang terukur memiliki deviasi yang masih dalam batas toleransi yang diizinkan oleh regulasi, menunjukkan bahwa perangkat tersebut berfungsi dengan baik dalam menghasilkan tegangan yang sesuai dengan pengaturan yang diharapkan. Ketepatan tegangan ini memastikan bahwa pencitraan yang dihasilkan memiliki kualitas diagnostik yang optimal tanpa memberikan paparan radiasi yang berlebihan kepada pasien.

Berdasarkan regulasi, batas toleransi untuk akurasi tegangan tabung sinar-X umumnya adalah $\pm 10\%$ dari nilai yang diatur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan terukur masih berada dalam batas ini, sehingga alat dapat dikatakan masih layak digunakan untuk prosedur pencitraan medis. Namun, untuk memastikan keakuratan tegangan tetap terjaga dalam jangka panjang, diperlukan pemeliharaan dan kalibrasi rutin sesuai dengan jadwal yang direkomendasikan. Selain itu, pemantauan berkala terhadap perbedaan tegangan yang terukur dengan tegangan yang diatur perlu dilakukan agar potensi penyimpangan dapat segera terdeteksi sebelum berdampak pada kualitas pencitraan. Jika dalam pemantauan selanjutnya ditemukan deviasi yang semakin besar, langkah korektif seperti kalibrasi ulang atau pemeriksaan komponen alat perlu dilakukan untuk memastikan keandalan system.

Selain pemeliharaan teknis, pelatihan berkala bagi tenaga medis, terutama radiografer, sangat diperlukan agar mereka dapat memahami pentingnya pengujian akurasi tegangan dan implikasinya terhadap keselamatan pasien serta kualitas pencitraan. Penggunaan alat ukur dengan sensitivitas tinggi juga dapat menjadi pertimbangan untuk meningkatkan ketelitian pengukuran. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan akurasi tegangan pesawat sinar-X tetap optimal, sehingga kualitas pencitraan medis dapat terjaga dan keselamatan pasien serta tenaga medis lebih terjamin. Penelitian lebih lanjut dengan cakupan yang lebih luas juga diperlukan untuk mengevaluasi performa alat dalam berbagai kondisi klinis dan memastikan kepatuhan terhadap standar yang berlaku.

KESIMPULAN

Keluaran radiasi pada pesawat sinar-X FDR Smart X di RS PKU Muhammadiyah Bantul, dapat disimpulkan bahwa nilai kVp-ukur yang diperoleh 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. Pengukuran menggunakan RaySafe menunjukkan bahwa error maksimum yang terjadi masih dalam batas aman, sehingga alat ini masih layak digunakan untuk pemeriksaan radiologi. Hasil ini juga menunjukkan hubungan linier antara tegangan sinar-X dan dosis radiasi yang dihasilkan, sesuai dengan prinsip dasar fisika medis. Sebagai langkah preventif, uji akurasi tegangan keluaran sinar-X perlu dilakukan secara berkala, minimal setahun sekali, guna memastikan keandalan alat serta keselamatan pasien dan tenaga medis. Selain itu, rumah sakit perlu melakukan pemeliharaan rutin dan kalibrasi agar kinerja alat tetap optimal dan tidak mengalami penyimpangan yang berpotensi menurunkan kualitas citra radiografi. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengelolaan dan pemeliharaan alat radiologi untuk meningkatkan kualitas layanan serta memastikan keselamatan dalam penggunaan pesawat sinar-X di fasilitas kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan apresiasi kepada seluruh dosen dan seluruh pihak yang membantu di Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta atas

fasilitas dan sumber daya yang diberikan selama proses penelitian. Peneliti juga berterima kasih kepada seluruh pihak di Instalasi Radiologi RS PKU Muhammadiyah Bantul atas bimbingan, saran, dan diskusi yang berharga dalam pengembangan artikel ini. Akhirnya, kami mengucapkan terima kasih kepada orang tua, keluarga dan rekan-rekan atas motivasi dan dukungan moral selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, A. (2023). *X-ray imaging advancements and applications in medical diagnosis*. *Department of Medicine, University of the Sunshine Coast, Australia, 15*(5), 112–114.
- Cahyani, B., Utari, U., & Muhtarom, M. (2021). Penentuan peak kilovoltage (kVp) pesawat sinar-X dengan pemanfaatan *imaging plate* (IP) di RSUD Dr. Moewardi. *Indonesian Journal of Applied Physics, 11*(2), 126–133.
- Hjouj, M., Budeiri, D., Rajabi, A., Abu Khalaf, S., & Jghama, D. (2022). *Assessment of peak voltage accuracy and reproducibility of conventional X-radiography units in Palestine*. *Proceedings of the 2022 5th International Conference on Digital Medicine and Image Processing*, 50–57. <https://doi.org/10.1145/3576938.3576947>
- Nur Isnaeni, S., Amelia, S. K., Ichzan, M., Jumardin, J., Nurrahmi, S., Agus, J., Isradianti, D. F., & Bariah, K. (2024). Uji kesesuaian kinerja dan analisis reproduksibilitas akurasi tegangan tabung pesawat sinar-X di Balai Pengamanan Alat Fasilitas Kesehatan Makassar. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya, 11*(1), 31–42. <https://doi.org/10.24252/jft.v11i1.47855>
- Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
- Suharmono, B. H., Anggraini, I. Y., Hilmaniyya, H., & Astuti, S. D. (2020). *Quality assurance (QA) dan quality control (QC) pada instrumen radioterapi pesawat LINAC*. *Jurnal Biosains Pascasarjana, 22*(2), 73.
- Allan, A. (2023). *X-ray imaging advancements and applications in medical diagnosis*. *Department of Medicine, University of the Sunshine Coast, Australia, 15*(5), 112–114.
- Cahyani, B., Utari, U., & Muhtarom, M. (2021). Penentuan peak kilovoltage (kVp) pesawat sinar-X dengan pemanfaatan *imaging plate* (IP) di RSUD Dr. Moewardi. *Indonesian Journal of Applied Physics, 11*(2), 126–133.
- Hjouj, M., Budeiri, D., Rajabi, A., Abu Khalaf, S., & Jghama, D. (2022). *Assessment of peak voltage accuracy and reproducibility of conventional X-radiography units in Palestine*. *Proceedings of the 2022 5th International Conference on Digital Medicine and Image Processing*, 50–57. <https://doi.org/10.1145/3576938.3576947>
- Nur Isnaeni, S., Amelia, S. K., Ichzan, M., Jumardin, J., Nurrahmi, S., Agus, J., Isradianti, D. F., & Bariah, K. (2024). Uji kesesuaian kinerja dan analisis reproduksibilitas akurasi tegangan tabung pesawat sinar-X di Balai Pengamanan Alat Fasilitas Kesehatan Makassar. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya, 11*(1), 31–42. <https://doi.org/10.24252/jft.v11i1.47855>
- Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
- Suharmono, B. H., Anggraini, I. Y., Hilmaniyya, H., & Astuti, S. D. (2020). *Quality assurance (QA) dan quality control (QC) pada instrumen radioterapi pesawat LINAC*. *Jurnal Biosains Pascasarjana, 22*(2), 73.