



Uji Kesesuaian Kinerja Generator dan Tabung Sinar-X pada MSCT Philips 128 Slice di Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Daerah Mangusada

Muhammad Mada Ramadan Purnama¹, Gusti Ngurah Sutapa², I Nyoman Pranditayana³

^{1,2}Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Udayana, Badung, Indonesia.

³Departemen Radiology, Rumah Sakit Daerah Mangusada, Badung, Indonesia.

Received: 28 September 2023

Revised: 31 October 2023

Accepted:

Corresponding Author:
Muhammad Mada Ramadan P.
madatoa2@gmail.com

© 2023 Kappa Journal is licensed
under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial-
ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v7i3.22584>

Abstract: This research aimed to determine the Compliance test of MSCT Philips 128 Slice generator and X-ray tube performance at Mangusada Hospital in accordance with the tolerance limits based on the BAPETEN Head Regulation of the Republic Indonesia Number 2 of 2022 so that it can be stated that the generator and X-ray performance is in reliable condition. In this research, Raysafe Xi CT and Raysafe Xi R/F were used to measure the output value of radiation dose, tube voltage and HVL thickness on MSCT Philips 128 Slice by carrying out four test activities, namely radiation output reproducibility test, radiation output linearity test, CTDI_{100 udara} test, and X-ray beam quality test. The performance test of the generator and X-ray tube has been carried out on MSCT Philips 128 Slice with obtained Coefficient of Variation (CV) value in the radiation output reproducibility test of 0.00278, Coefficient of Linearity (CL) value in the radiation output linearity test of 0.00882, CTDI_{100 udara} at a tube voltage of 80 kVp is 6.30280 mGy/100mAs, CTDI_{100 udara} at a tube voltage of 120 kVp is 19.59800 mGy/100mAs, CTDI_{100 udara} at a tube voltage of 130 kVp is 24.48431 mGy/100mAs, and the HVL thickness at a tube voltage of 120 kVp is 8.79 mmAl. This result show that the performance MSCT Philips 128 Slice generator and X-ray tube in reliable condition.

Keywords: Generator; X-ray tube; MSCT Philips 128 Slice; Compliance test

Pendahuluan

Salah satu pengaplikasian dari sinar-X di bidang kedokteran adalah pesawat *Computed Tomography Scan* (CT-Scan) yang dimanfaatkan untuk mendiagnosis kelainan dan patologi. CT-Scan digunakan karena memiliki kemampuan pengambilan potongan citra secara konseptual dan penggambaran citra 3 dimensi sehingga dapat mendiagnosis dan memantau berbagai kondisi kesehatan. Namun, penggunaan radiasi sinar-X pada pesawat CT-Scan juga memiliki dampak negatif pada manusia dan lingkungan sekitarnya, ketika radiasi sinar-X digunakan pada dosis radiasi yang lebih tinggi dari yang dibutuhkan atau tidak sesuai dengan pengukuran klinis yang sudah diatur pada CT-Scan. Untuk menghindari dosis radiasi yang berlebihan

selama pemindaian, maka sangat penting dilakukan uji kesesuaian terutama untuk generator dan tabung sinar-X pada pesawat CT-Scan (Khairunnisak dkk., 2017 dan Kristinayanti dkk, 2019).

Uji kesesuaian merupakan uji untuk memastikan pesawat sinar-X dalam kondisi andal, baik untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional dan memenuhi peraturan perundang-undangan yang sudah dibuat terutama di Indonesia. Hasil pengujian harus memenuhi suatu 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 Untuk sekarang, uji kesesuaian pesawat sinar-X untuk radiologi diagnostik dan intervensional

How to Cite:

Purnama, M. M. R., Sutapa, G. N., & Pranditayana, I N. (2023). Uji Kesesuaian Kinerja Generator dan Tabung Sinar-X pada MSCT Philips 128 Slice di Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Daerah Mangusada. *Kappa Journal*, 7(3), 382-386. <https://doi.org/10.29408/kpj.v7i3.22584>

diatur berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN 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 (BAPETEN, 2022 dan Sari dkk, 2022).

Penelitian tentang uji kesesuaian telah dilakukan oleh Chirsnia dan kawan-kawan (2013) pada pesawat CT-Scan merek Philips Briliance 6 dengan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 di Instalasi Radiologi RSUP Dr. M. Djamil Padang. Digunakan detektor Unfors-Xi Set yang dapat mengukur dosis CTDI dan tegangan tabung pesawat sinar-X. Parameter uji yaitu akurasi tegangan, akurasi keluaran radiasi, linearitas keluaran radiasi, kualitas berkas sinar-X, posisi meja pemeriksaan, laser penanda, dan kesesuaian dosis radiasi pasien. Hasil yang diperoleh yaitu pesawat CT-Scan merek Philips Briliance 6 dalam kondisi andal dengan perbaikan.

Pengukuran uji kesesuaian juga dilakukan oleh Khairunnisak dan kawan-kawan (2017) pada pesawat CT-Scan 64 Slice Merek Philips di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas Padang menggunakan detektor Unfors Raysafe X2. Berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, hasil penelitian menunjukkan bahwa pesawat CT-Scan tersebut dalam kondisi andal. Dilakukan juga uji kesesuaian kinerja generator dan tabung sinar-X pesawat merek Siemens di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas Padang berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2018 oleh Tohiri dan Muttaqin (2022). Digunakan detektor RaySafe X2 R/F Sensor dan RaySafe X2 Survey Sensor. Hasil penelitian menunjukkan generator dan tabung sinar-X merek Siemens dalam kondisi andal.

Uji kesesuaian pada generator dan tabung sinar-X sangat penting dilakukan, selain untuk mematuhi peraturan yang telah diatur oleh pemerintah, MSCT memiliki generator dan tabung sinar-X yang merupakan komponen utama pada pesawat sinar-X yang menentukan kualitas citra dan kuantitas dosis parameter radiasi yang dihasilkan (Kareem *at al.*, 2017). Penelitian ini juga didukung, dengan melihat kunjungan Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Daerah Mangusada pada tahun 2020 sebanyak 14.594 kunjungan atau sekitar 21,95 % dari 66.500 kunjungan (Japa, 2021).

Metode

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Daerah Mangusada Kabupaten Badung dengan menggunakan MSCT Scan Philips 128 Slice (Gambar 1) sebagai alat sinar-X yang diuji. Digunakan detektor Raysafe Xi R/F untuk kualitas berkas sinar-X dan Raysafe Xi CT untuk reproduksibilitas keluaran

radiasi, linieritas keluaran radiasi, pengukuran dosis terukur dalam satu putaran pemindaian dengan detektor aktif sepanjang 100 mm yang dinormalisasikan udara ($CTDI_{100 \text{ udara}}$) untuk penggunaan tegangan tabung 80 kVp, 120 kVp dan 130 kVp. Untuk hasil penelitian ini, akan dibandingkan dengan batas toleransi sesuai Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022.



Gambar 1. MSCT Scan Philips 128 Slice

Uji reproduksibilitas keluaran radiasi dilakukan dengan menggunakan pengukuran klinis dengan tegangan tabung, waktu penyinaran, arus tabung dan tebal slice secara konstan yaitu 120 kVp, 1 s, 100 mA dan 5 mm. Reproduksibilitas keluaran radiasi dinilai dengan menghitung *Coefficient of Variation* (CV) menggunakan Persamaan 1. Dengan CV adalah *Coefficient of Variation*, SD adalah Standar Deviasi (mGy), dan \bar{x} adalah nilai rata-rata hasil pengukuran keluaran radiasi (mGy) (Damayanti dan Ratini, 2019., dan Tohiri dan Muttaqin, 2022).

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \quad (1)$$

Uji linieritas keluaran radiasi dilakukan dengan menggunakan pengukuran klinis dengan tegangan tabung, waktu penyinaran dan tebal slice secara konstan yaitu 120 kVp, 1 s dan 5 mm. Pengukuran dilakukan dengan variasi arus tabung yaitu pada 100 mA, 150 mA, 200 mA, 250 mA dan 300 mA yang masing-masing dilakukan penyinaran sebanyak satu kali. Linieritas keluaran radiasi dinilai dengan menghitung *Coefficient of Linearity* (CL) menggunakan Persamaan 2. Dengan CL adalah *Coefficient of Linearity*, X_1 adalah paparan dosis radiasi maksimum (mGy), dan X_2 adalah paparan dosis radiasi minimum (mGy) (Tohiri dan Muttaqin, 2022., dan Wiharja dan Bahar, 2019).

$$CL = \left| \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2)} \right| \quad (2)$$

Uji $CTDI_{100 \text{ udara}}$ dilakukan dengan menggunakan pengukuran klinis dengan arus tabung, waktu penyinaran dan tebal slice secara konstan yaitu 100 mA, 1 s dan 5 mm. Pengukuran dilakukan dengan variasi tegangan tabung yaitu pada 80 kVp, 120 kVp dan 130

kVp yang masing-masing dilakukan penyinaran sebanyak lima kali. $CTDI_{100 \text{ udara}}$ dinilai dengan menghitung rata-rata $CTDI_{100 \text{ udara}}$ dalam satuan mGy/100mAs menggunakan Persamaan 3. Dengan $CTDI_{100}$ adalah dosis terukur dalam satu putaran pemindaian dengan detektor aktif sepanjang 100 mm, D adalah dosis radiasi yang terukur (mGy/100mAs), l adalah panjang detektor aktif (mm), N adalah jumlah image, T adalah tebal slice yang digunakan (mm) dan c adalah faktor kalibrasi dosimeter (Pranditayana, 2017 dan Ahadiyah dkk., 2020).

$$CTDI_{100} = \frac{c.l.D}{N.T} \tag{3}$$

Uji kualitas berkas sinar-X dilakukan dengan menggunakan pengukuran klinis dengan arus tabung dan waktu penyinaran secara konstan yaitu 30 mA dan 1 s. Pengukuran dilakukan dengan variasi tegangan tabung setting yaitu pada 120 kVp dan 140 kVp yang masing-masing dilakukan penyinaran sebanyak satu kali. Kualitas berkas sinar-X dinilai dengan mengukur lapisan tebal paruh atau *Half Value Layer* (HVL) dan tegangan tabung terukur. Lalu, nilai HVL pada 120 kVp dan 140 kVp yang telah diukur dicatat sebagai hasil interpolasi pada Persamaan 4. Dengan X adalah tebal HVL pada 120 kVp (mmAl), X_1 adalah tebal HVL pada 120 kVp terukur (mmAl), X_2 adalah tebal HVL pada 140 kVp terukur (mmAl), Y adalah tegangan pada 120 kVp, Y_1 adalah tegangan terukur pada tegangan setting 120 kVp dan Y_2 adalah tegangan terukur pada tegangan setting 140 kVp (Pranditayana, 2017 dan Yulianti dkk., 2023).

$$X = X_1 + \left(\left(\frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1} \right) \times (X_2 - X_1) \right) \tag{4}$$

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, telah dilakukan uji kesesuaian kinerja generator dan tabung sinar-X MSCT Scan Philips 128 Slice berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022. Untuk memenuhi uji kesesuaian kinerja generator dan tabung sinar-X pada CT-Scan, maka dilakukan 4 kegiatan pengujian yaitu uji reproduksibilitas keluaran radiasi, uji linieritas keluaran radiasi, uji $CTDI_{100 \text{ udara}}$ dan uji kualitas berkas sinar-X.

Berdasarkan Tabel 1, nilai CV pada uji reproduksibilitas MSCT Philips 128 Slice memenuhi batas toleransi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 dengan CV-nya yaitu 0,00278. Dimana batas toleransi reproduksibilitas keluaran radiasi pada CT-Scan yaitu $CV \leq 0,05$. Kondisi ini menunjukkan bahwa MSCT Philips 128 Slice masih dalam keadaan baik untuk melakukan pengulangan sehingga keluaran tegangan dari pesawat tersebut masih dapat dikatakan konstan.

Perlu diketahui, kemungkinan nilai CV yang besar diakibatkan adanya penyimpangan nilai yang cukup besar pada data radiasi yang terukur.

Tabel 1. Reproduksiabilitas keluaran radiasi MSCT Philips 128 Slice

No	Kondisi Panel			Dosis Radiasi Terukur (mGy)
	Tegangan Tabung (kVp)	Arus Tabung (mA)	Waktu (s)	
1	120	100	1	1,96700
2				1,95400
3				1,96000
4				1,95500
5				1,96300
Rerata (mGy)				1,95980
Standar Deviasi (mGy)				0,00545
Coefficient of Variation (CV)				0,00278

Berdasarkan Tabel 2, digunakan pengukuran klinis yaitu tegangan tabung sebesar 120 kVp pada tebal slice sebesar 5 mm dan scan selama 1 detik untuk masing-masing arus tabung yaitu 100 mA, 150 mA, 200 mA, 250 mA dan 300 mA dengan hasil nilai CL pada uji linieritas keluaran radiasi MSCT Philips 128 Slice memenuhi batas toleransi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 yaitu CL sebesar 0,00882. Dimana batas toleransi linieritas keluaran radiasi pada CT-Scan yaitu $CL \leq 0,1$. Hal ini menjelaskan bahwa nilai koefisien linieritas sudah menggambarkan hubungan linier antara dosis keluaran radiasi dengan arus waktu rotasi (mAs). Perlu diketahui, kemungkinan nilai CL yang besar diakibatkan adanya penyimpangan nilai yang cukup besar diantara tingkatan arus (mA).

Tabel 2. Linieritas keluaran radiasi MSCT Philips 128 Slice

No	Kondisi Panel			Dosis Radiasi Terukur (mGy)	Laju KERMA per mAs (mGy/mAs)	Coefficient of Linearity (CL)
	(kVp)	Arus Tabung (mA)	Waktu (s)			
1	120	100	1	1,96300	0,01963	0,00882
2		150		2,93000	0,01953	
3		200		3,87100	0,01936	
4		250		4,86300	0,01945	
5		300		5,78600	0,01929	

Berdasarkan Tabel 3, digunakan pengukuran 80 kVp dengan data dosis radiasi sebanyak 5 variasi, sehingga didapatkan nilai rerata 6,30280 mGy/100mAs. Dengan hasil nilai $CTDI_{100 \text{ udara}}$ tersebut, MSCT Philips 128 Slice memenuhi batas toleransi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 yaitu $CTDI_{100 \text{ udara}} \leq 30$ mGy/100 mAs.

Tabel 3. Nilai CTDI_{100 udara} pada 80 kVp MSCT Philips 128 Slice

No	Kondisi Panel			Dosis Radiasi Terukur (mGy)	D (mGy/100mA s)	CTDI 100 udara (mGy/100mAs)
	Tegangan Tabung (kVp)	Arus Tabung (mA)	Waktu (s)			
1				0,63290	0,63290	6,32900
2				0,62830	0,62830	6,28300
3	80	100	1	0,63090	0,63090	6,30900
4				0,62990	0,62990	6,29900
5				0,62940	0,62940	6,29400
Rata-rata CTDI _{100 udara} (mGy/100mAs)					6,30280	

Berdasarkan Tabel 4, digunakan pengukuran 120 kVp dengan data dosis radiasi sebanyak 5 variasi, sehingga didapatkan nilai rerata 19,59800 mGy/100mAs. Dengan hasil nilai CTDI_{100 udara} tersebut, MSCT Philips 128 Slice memenuhi batas toleransi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 yaitu CTDI_{100 udara} ≤ 45 mGy/100 mAs.

Tabel 4. Nilai CTDI_{100 udara} pada 120 kVp MSCT Philips 128 Slice

No	Kondisi Panel			Dosis Radiasi Terukur (mGy)	D (mGy/100mA s)	CTDI 100 udara (mGy/100mAs)
	Tegangan Tabung (kVp)	Arus Tabung (mA)	Waktu (s)			
1				1,96700	1,96700	19,67000
2				1,95400	1,95400	19,54000
3	120	100	1	1,96000	1,96000	19,60000
4				1,95500	1,95500	19,55000
5				1,96300	1,96300	19,63000
Rata-rata CTDI _{100 udara} (mGy/100mAs)					19,59800	

Berdasarkan Tabel 5, digunakan pengukuran 130 kVp dengan data dosis radiasi sebanyak 5 variasi, sehingga didapatkan nilai rerata 24,48431 mGy/100mAs. Dengan hasil nilai CTDI_{100 udara} tersebut, MSCT Philips 128 Slice memenuhi batas toleransi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 yaitu CTDI_{100 udara} ≤ 48 mGy/100 mAs.

Tabel 5. Nilai CTDI_{100 udara} pada 130 kVp MSCT Philips 128 Slice

No	Kondisi Panel			Dosis Radiasi Terukur (mGy)	D (mGy/100mA s)	CTDI 100 udara (mGy/100mAs)
	Tegangan Tabung (kVp)	Arus Tabung (mA)	Waktu (s)			
1				2,45998	2,45998	24,59985
2				2,45050	2,45050	24,50500
3	130	100	1	2,45395	2,45395	24,53949
4				2,44015	2,44015	24,40153
5				2,43757	2,43757	24,37566
Rata-rata CTDI _{100 udara} (mGy/100mAs)					24,48431	

Berdasarkan Tabel 6, didapatkan nilai HVL pada tegangan setting 120 kVp sebesar 8,83 mmAl dengan tegangan terukur 120,9 kVp dan nilai HVL pada tegangan setting 140 kVp sebesar 9,63 mmAl. Nilai HVL pada didapatkan dari hasil interpolasi HVL pada 120 kVp dan 140 kVp menggunakan persamaan 3.4, sehingga dihasilkan nilai interpolasi yaitu sebesar 8,79 mmAl. Dengan nilai HVL tersebut, MSCT Philips 128 Slice memenuhi batas toleransi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 yaitu HVL ≥ 3,8 mmAl. Penggunaan persamaan interpolasi linier dalam mencari nilai HVL dikarenakan keluaran tegangan 120 kVp setting tidak sesuai dengan tegangan yang terukur. Maka dari itu, perlu dilakukan pendekatan nilai dengan dibuat interval nilai HVL diantara tegangan 120 kVp dengan 140 kVp.

Tabel 6. Kualitas berkas sinar-X (HVL) MSCT Philips 128 Slice

No	Arus Tabung (mA)	Pengaturan Tegangan (kVp setting)	Tegangan Terukur (kVp terukur)	Half Value Layer (HVL) (mmAl)
1		120	120,90	8,83
2	30	140	139,20	9,63
HVL pada 120 kVp (mmAl)				8,79

Kesimpulan

Pada penelitian ini, kita sudah menunjukkan bahwa uji kesesuaian kinerja generator dan tabung sinar-X MSCT Philips 128 Slice di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Daerah Mangusada Kabupaten Badung sudah memenuhi batas toleransi Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 sehingga untuk kinerja generator dan tabung sinar-X CT-Scan dapat dikatakan andal.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pegawai di Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Daerah

Mangusada, Kabupaten Badung yang telah memberikan pelayanan yang terbaik selama melakukan penelitian dan juga kepada bapak dan ibu dosen Program Studi Fisika Universitas Udayana atas ilmu yang diberikan selama pelaksanaan penelitian sampai dengan publikasi.

Daftar Pustaka

- Ahadiyah, N. N., Setiawati, E., Arifin, Z., dan Anam, C. (2020). Pengukuran Computed Tomography Dose Index (CTDI) Pada Fantom Kepala Dengan Menggunakan CT Dose Profiler. *Berkala Fisika*, 23(4), 118-125. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/34496.
- BAPETEN. (2022). *Keputusan 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*. Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia, Jakarta.
- Chirsnia, I., Dian, M., Heru, P., & Helfi, Y. (2013). Uji Kesesuaian Pesawat Ct-Scan Merek Philips Brilliance 6 Dengan Peraturan Kepala Bapeten Nomor 9 Tahun 2011. *Jurnal Fisika Unand*, 2(2). <https://doi.org/10.25077/jfu.2.2.%25p.2013>.
- Damayanti, A. A., dan Ratini, N. N. (2019). Uji Reprodusibilitas Pada Pesawat Sinar-X Fluoroskopi Siemens Luminos Rf Dan Radiografi Mobile Di Instalasi Radiologi RSUP Sanglah Denpasar. *Prosiding Seminar Nasional SAINSTEK 2019 Univeritas Udayana*, Bali, Indonesia, 59-65.
- Japa, I K., 2021, *Buku Profil RSD Mangusada Kabupaten Badung*, RSD Mangusada, Badung.
- Kareem, A. A., Hulugalle, and Al-Hamdani, H. K. (2017). A Quality Control Test for General X-Ray Machine. *World Scientific News Journal*, 90, 11-30. <http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2017/08/WSN-90-2017-11-30.pdf>.
- Khairunnisak, K., Dian, M., & Kri, Y. P. S. (2017). Uji Kesesuaian Pesawat CT - Scan 64 Slice Merek Philips di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas Padang Menggunakan Detektor Unfors Raysafe X2. *Jurnal Fisika Unand*, 6(4), 355-361. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.4.355-361.2017>.
- Kristinayanti, N. K. D., Iffah, M., Jeniyanthi, N. P. R., dan Astina, K. Y. (2019). Analisis Pengaruh Scan Length Terhadap Nilai Dose Length Product Pada Ct-Scan Multislice Di Rsud Mangusada Badung. *IMEJING Jurnal*, 3(1), <https://ejournal.atro-bali.ac.id/index.php/imejing/article/view/35/28>.
- Pranditayana, I N. (2017). *Pedoman Teknis Program Quality Control Pesawat CT-Scan*. RSU Kota Tangerang Selatan, Banten.
- Sari, F. R., Astuty, S. D., Dewang, S., Hikmawati. (2022). Analisis Keluaran Radiasi Dan Mean Glandular Dose Berdasarkan Kombinasi Target/Filter Pesawat Mammografi Di Rsud Syekh Yusuf Gowa. *Berkala Fisika*, 25(3), 80-88. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/50737.
- Tohiri, N., & Muttaqin, A. (2022). Uji Kesesuaian Kinerja Generator dan Tabung Pesawat Sinar-X Merek Siemens di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, 11(1), 37-43. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.1.37-43.2022>.
- Wiharja, U., & Bahar, A. K. A. (2019). Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi. *Prosiding Seminar Nasional SEMNASTEK 2019 Univeritas Muhammadiyah Jakarta*, Indonesia, No.24.
- Yulianti, N. P. P. A., Sutapa, G. R., dan Astina, K. Y. (2023). Uji Kesesuaian Kualitas Berkas Sinar-X Menggunakan Half Value Layer (HVL) Filter Aluminium Pada Pesawat Sinar-X Stationary di Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali. *Buletin Fisika*, 24(1), 27-31. <https://doi.org/10.24843/BF.2023.v24.i01.p04>.