Pengaruh Tegangan Tabung terhadap Kualitas Citra pada Pemeriksaan *Computed Tomography* Kepala menggunakan *Iterative Reconstruction*

Muhammad Irsal^{(1,a)*}, Nurbaiti^(1,b), Aulia Narendra Mukhtar^(2,c), Shinta Gunawati^(1,d), Wahyu Hidayat^(1,e)

⁽¹⁾ Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Jakarta Selatan, Indonesia, 12120

⁽²⁾ Fisikawan Medik, Rumah Sakit Pelabuhan Jakarta, Jakarta Utara, Indonesia, 14260
E-mail: muhammad.irsal@poltekkesjkt2.ac.id

Diterima (10 Desember 2020), Direvisi (29 Januari 2021)

Abstract— *Iterative reconstruction can optimize radiation dose and improve image quality on CT scan. This research method is quantitative analytic with the analysis of the results of the head CT examination parameters associated with image quality to changes in variations of 80 kV, 100 kV, 120 kV with the use of iterative reconstruction. Image quality measurements are the Hounsfield Unit (HU) value, standard deviation, and Signal to Noise Ratio (SNR) using Radiant Viewers. Effective dose measurement using the Dose Length Product (DLP). Then perform the Kruskal Wallis test to find out whether there is an effect of tube voltage and Iterative Reconstruction on the SNR value using IBM SPSS version 24. The results image quality of the HU value increase due to changes in the kV value, but the value does not change significantly when the iDose changes, for the standard The deviation has decreased due to changes in kV, but the value of the value does not experience a significant change at the time of change in iDose, while SNR increases due to changes in kV value and changes in iDose. The percentage ratio of the effective dose in the use of standard kV with 80 kV decreased radiation dose by 62%, while at 100 kV there was a decrease of 25%, and the use of 120 kV experienced an increase of 25%. The results of the Kruskal Wallis test p-value <0.001, therefore it can be concluded that there is a difference in the SNR image quality at each change in iDose and kV parameters.*

Keywords : *Effective dose, iterative reconstruction, signal to noise ratio (SNR), tube voltage*

Abstrak- *Iterative reconstruction mampu mengoptimalkan dosis radiasi dan meningkat kualitas citra pada pemeriksaan CT scan. Metode penelitian ini bersifat kuantitatif analitik dengan analisa parameter hasil pemeriksaan CT kepala yang berhubungan dengan kualitas citra terhadap perubahan variasi 80 kV, 100 kV, 120 kV dengan penggunaan iterative reconstruction. Pengukuran kualitas citra yaitu nilai Hounsfield Unit (HU), standar deviasi dan Signal to Noise Ratio (SNR) menggunakan Radiant Viewers. Pengukuran dosis efektif dengan menggunakan Dose Length Product (DLP). Kemudian melakukan uji kruskal wallis untuk mengetahui apakah terjadi pengaruh tegangan tabung dan Iterative Reconstruction terhadap nilai SNR menggunakan SPSS IBM versi 24. Hasil kualitas citra nilai HU meningkat akibat perubahan nilai kV, akan tetapi nilai tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat perubahan iDose, untuk standar deviasi mengalami penurunan akibat perubahan kV, akan tetapi nilai nilai tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat perubahan iDose, sedangkan SNR terjadi peningkatan akibat perubahan nilai kV maupun perubahan iDose. presentase perbandingan dosis efektif pada penggunaan standar kV dengan 80 kV mengalami penurunan dosis radiasi sebesar 62%, sedangkan pada 100 kV mengalami penurunan 25%, dan pada penggunaan 120 kV mengalami meningkatkan 25%. Hasil uji kruskal wallis p-value <0,001, Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan kualitas citra SNR pada setiap perubahan iDose dan parameter kV.*

Kata Kunci: *Dosis efektif, iterative reconstruction, signal to noise ratio (SNR), tegangan tabung*

PENDAHULUAN

Penggunaan *computed tomography* (CT) telah digunakan dalam beberapa pemeriksaan sebagai modalitas untuk mendiagnosa klinis akut, sebagai alat deteksi perubahan nodul dan tumor metastasis, meskipun mulai banyak rumah sakit menyediakan pemeriksaan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) sebagai salah satu penunjang pencitraan medis [1-4]. CT scan kepala non-kontras adalah pemeriksaan rujukan terbanyak dari unit gawat darurat dimana pasien mengalami cedera kepala, gejala stroke dan trauma pada intracranial [5]. Kecepatan akusisi dan resolusi spasial pada CT mampu mendeskripsikan kualitas citra anatomi pada ukuran kecil (*sub millimeter*) memberikan banyak informasi diagnostik optimal. Akan tetapi, paparan radiasi yang disebabkan oleh CT menunjukkan peningkatan resiko kanker kepada pasien [6-7].

Metode *Iterative Reconstruction* (IR) mulai diterapkan pada CT pada tahun 1960 dan berhasil digunakan pada pemeriksaan klinis untuk pertama kali dengan rekonstruksi citra berukuran 128 x 128 per metrik citra dan menggunakan citra berukuran 512 x 512 *high resolution* untuk kegiatan penelitian khusus seperti menilai citra artefak dan *noise* [17]. pada tahun 2008 perkembangan IR mampu meningkatkan kualitas citra dan dapat mengurangi dosis radiasi pada pemeriksaan klinis CT [18]

Salah satu pemeriksaan CT kepala rujukan dari ruang gawat darurat adalah *Mild Head Injury* (MHI) atau cedera kepala ringan merupakan salah satu pemeriksaan yang dapat memicu *brain concussion* atau geger otak. Hal ini dapat terjadi akibat jatuh dari tempat tidur, kursi, meja, tangga atau bahkan tersandung saat berjalan ataupun sedang bermain. MHI menyebabkan infark pada *Basal Ganglia-Internal Capsule* (BGIC) [8-10]. Sebagian

besar pemeriksaan neurologis memberikan hasil normal, keparahan MHI berhubungan dengan gejala klinis. MHI dapat menyebabkan fraktur, *intracranial hemorrhage* (ICH), *hemorrhagic stroke* dan *ischemic stroke* pada daerah ganglia basalis [11-14]. Cedera kepala telah dikategorikan : ringan, sedang dan berat sesuai dengan tingkat keparahan oleh *Glasgow Outcome Scale* (GCS [15]. Selain itu, *Cranial malformations* dan *head congenital* menunjukkan pencitraan CT mampu mendeteksi dengan baik [16].

Pada pemeriksaan CT kepala optimalisasi dosis radiasi sangat penting, terutama untuk pencegahan terjadinya penyakit katarak akibat radiasi ke organ lensa mata, dan juga pencegahan perkembangan tumor ganas dari organ radiosensitif seperti kelenjar ludah, kelenjar tiroid, dan retina, terutama pada anak-anak. Radiografer bertanggung jawab untuk pemberian dosis radiasi serendah mungkin dengan kualitas citra optimal [6]. Tujuan penurunan dosis adalah sesuai dengan “ALARA” *as low as reasonably achievable* dengan kualitas gambar optimal. Penyesuaian beberapa parameter utama CT langsung mengurangi dosis radiasi. Menurunkan *kilovolt* (kVp) dan *milliampere-second* (mAs) sebagai metode yang efektif untuk mengurangi dosis radiasi dengan menjaga kualitas gambar agar tetap optimal. Pada penelitian oleh Irsal, 2020 penggunaan parameter kV dapat dioptimalkan untuk mengurangi dosis radiasi dan meningkatkan kualitas citra [19], penurunan dosis radiasi dengan menjaga kualitas gambar agar tetap optimal dengan menggunakan filter, *reconstruction kernel* dan *iterative reconstruction* [20]. sehingga peneliti tertarik untuk melakukan analisa pengaruh tegangan tabung terhadap penggunaan *iterative reconstruction* pada pemeriksaan CT kepala menggunakan pantom *anthropomorphic* sebagai pengganti pasien pengganti pasien pemeriksaan CT.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan peralatan pantom *antrophomorphic kyoto kagaku* sebagai organ kepala pengganti pasien dan software *Radiant Viewer* sebagai analisa pengolahan kualitas citra dan CT scan 64 slice mode *helical*. Data citra hasil pemeriksaan CT kepala dilakukan ROI (*Region of interest*) dengan ukuran diameter 3 nilai *housfield unit*, standar deviasi dan *signl to noise ratio* (SNR) sebagai parameter kualitas citra pada beberapa organ kepala yaitu *cavity orbita* dengan jumlah potongan citra sebanyak 10 citra, kemudian *lobus frontalis* jumlah potongan citra sebanyak 15 citra, selanjutnya *lobus occipitalis* sebanyak 15 citra, *basal ganglia* sebanyak 15 citra, *sulcus frontalis* sebanyak 10 citra dan *sulcus interparietal* sebanyak 15 citra pada setiap eksposi perubahan tegangan tabung, dengan pemeriksaan CT kepala ditunjukan pada **Gambar 1**.

Pada **Gambar 2** dan **Tabel 1**. Parameter pengukuran kualitas citra SNR dilakukan agar mengetahui tingkatan informasi citra yang dihasilkan dari signal terhadap *noise*. Pengukuran SNR menggunakan **Persaman 1**.

$$SNR = \frac{\text{mean HU ROI}}{SD \text{ HU ROI}} \quad (1)$$

Gambar 1. Pemeriksaan CT dengan pantom

Dalam melakukan estimasi dosis efektif pada pemeriksaan CT kepala, nilai *dose lenght product* (DLP) dikalikan dengan faktor koreksi *k* yang diperoleh dari **Tabel 2**, nilai *k* merupakan nilai yang dinormalisasi dengan fungsi tegangan tabung pada pesawat CT dengan eksposi menggunakan pantom abdomen dan kepala [21]. Faktor koreksi Pengukuran dosis efektif menggunakan **Persamaan 2**.

$$E_{DLP} = k \times DLP \quad (2)$$

Kemudian melakukan uji *kruskal wallis* untuk mengetahui apakah terjadi pengaruh tegangan tabung dan *Iterative Reconstruction* terhadap nilai SNR menggunakan SPSS IBM versi 24.

Gambar 2. ROI pada citra pemeriksaan CT kepala

Tabel 1. Parameter pemeriksaan CT kepala

Parameter	Protokol CT kepala standar	<i>Iterative reconstruction</i>		
		iDose1	iDose3	iDose5
kV	120	80, 100, 120	80, 100, 120	80, 100, 120
mAs	180	200	200	200
<i>Pitch</i>	0,276	0,276	0,276	0,276
<i>Collimation</i>	40 cm x 0.625 cm	40 cm x 0.625 cm	40 cm x 0.625 cm	40 cm x 0.625 cm
<i>Rotation time</i>	0,4	0,4	0,4	0,4
<i>Scan time</i>	12,1	12,1	12,1	12,1
<i>Slice thickness</i>	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Recon</i>	iDose 3	-	-	-
<i>Doseright</i>	Ya	Tidak	Tidak	Tidak

Tabel 2. faktor koreksi

Tegangan tabung (kV)	ICRP 103
	Organ kepala
80	0,0018
100	0,0019
120	0,0019
140	0,0019
Rerata	0,0019

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penggunaan variasi parameter kV dilakukan sebanyak 80 kV, 100 kV, 120 kV, terhadap penggunaan *iterative reconstruction* iDose1, iDose3, iDose5 dengan metode pemeriksaan ditampilkan pada **Gambar 2**. Sebelumnya mempertimbangkan parameter protocol CT kepala standar yang telah ditetapkan didalam CT scan *Philips Ingenuity* dengan perbandingan protokol pada **Tabel 1**.

Gambar 3 menjelaskan kualitas citra CT pada pemilihan parameter protokol yang digunakan pada pemeriksaan CT kepala terhadap variasi kV dan iDose, kemudian nilai minimum HU $26,38 \pm 2,06$ pada 80 kV pada iDose3, standar deviasi $5,33 \pm 0,59$ pada 120 kV pada iDose5, nilai SNR $2,39 \pm 0,12$ pada 80 kV pada iDose1. Nilai maksimum HU $36,88 \pm 0,85$ pada 120 kV pada iDose5, standar deviasi $14,03 \pm 0,76$ pada 80 kV pada iDose1, nilai SNR $8,20 \pm 0,7$ pada 120 kV pada iDose5. Dari **Gambar 3** menjelaskan bahwa nilai HU meningkat akibat perubahan nilai kV, akan tetapi tidak mengalami perubahan

yang signifikan pada saat perubahan iDose. Kemudian untuk pada nilai standar deviasi mengalami penurunan akibat perubahan kV, akan tetapi nilai nilai tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat perubahan iDose terhadap kV. Untuk parameter kualitas citra SNR terjadi peningkatan akibat perubahan nilai kV maupun perubahan iDose.

Dari hasil analisa pengaruh tegangan tabung terhadap kualitas citra SNR menggunakan *iterative reconstruction* menjelaskan bahwa kualitas citra nilai HU meningkat akibat perubahan nilai kV, akan tetapi nilai tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat perubahan iDose terhadap kV. Kemudian untuk pada kualitas citra nilai standar deviasi mengalami penurunan akibat perubahan kV, akan tetapi nilai nilai tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat perubahan iDose terhadap kV. Untuk parameter kualitas citra SNR terjadi peningkatan akibat perubahan nilai kV maupun perubahan iDose. Penentuan optimisasi dalam protokol pemeriksaan CT kepala dapat menggunakan pengukuran

Gambar 3. Perbandingan kualitas citra pada variasi kV terhadap perubahan iDose

kualitas citra SNR, dimana dengan meningkatnya nilai SNR maka dipastikan bahwa citra radiografi mengalami kenaikan kualitas dengan penurunan nilai noise yang akan menyebabkan menurunnya kualitas citra, akan tetapi dalam peningkatan nilai SNR maka dipastikan akan meningkatkan parameter kV dan mAs. oleh karena itu diperlukan upaya optimasi dengan selalu mempertimbangkan dosis radiasi, anatomi klinis, penggunaan parameter kV atau mAs dan juga umur pasien. selain itu sebaiknya dalam penggunaannya protokol pemeriksaan CT akan lebih bila dikombinasikan dengan penggunaan *Tube current modulation* (TCM) atau pada alat

CT Philips disebut dengan *doseright*, pada perkembangannya modalitas CT telah menggunakan TCM sebagai salah satu upaya penurunan dosis radiasi dan peningkatan kualitas citra. Dalam penggunaannya TCM akan dengan otomatis mengatur parameter mAs mengikuti tebal objek, sehingga dapat menyesuaikan dan lebih efisien dalam menghasilkan dosis radiasi [22].

Pada perhitungan nilai dosis efektif menggunakan nilai *Dose length product* (DLP) menggunakan persamaan faktor koreksi (2) yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Dosis efektif

Parameter kV	Dosis efektif (mSv)
Standar kV	0,783
80 kV	0,294
100 kV	0,590
120 kV	0,974

Berdasarkan **Tabel 3** dapat kita analisa bahwa penggunaan kV yang lebih rendah dengan nilai mAs yang konstan dapat menurunkan dosis radiasi. Dengan persentase perbandingan penggunaan standar kV dengan 80 kV yaitu menurun 62%, sedangkan pada 100 kV menurun 25%, dan pada penggunaan 120 kV meningkatkan 25 % seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Oleh karena itu dibutuhkan pemilihan kV yang optimal, dengan mempertimbangkan kaulitas citra yang dihasilkan.

Data hasil pengukuran kualitas SNR kemudian dilakukan analisa uji kruskal wallis untuk mengetahui adakah perbedaan nilai SNR terhadap perubahan penggunaan iDose dan parameter kV yang ditunjukkan pada **Tabel 4**, dimana sampel data yang digunakan untuk mengetahui perbedaan nilai SNR terhadap penggunaan iDose dilakukan pada pemeriksaan CT kepala pada penggunaan parameter 100 kV dengan variasi penggunaan iDose1, iDose3 dan iDose5. Dimana dari hasil uji kruskal wallis nilai *p-value* <0,001.

Gambar 4. Presentase dosis efektif pada kenaikan parameter kV

Tabel 4. Uji *kruskal wallis*

Parameter	<i>p-value</i>
Variasi iDose terhadap SNR	< 0,001
Variasi kV terhadap SNR	< 0,001

Untuk mengetahui perbedaan nilai SNR terhadap penggunaan parameter kV dilakukan pada pemeriksaan CT kepala pada penggunaan iDose3 dengan variasi penggunaan parameter 80 kV, 100 kV dan 120 Kv. Dimana dari hasil uji kruskal wallis nilai *p-value* <0,001. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan kualitas citra SNR pada setiap perubahan iDose dan parameter Kv.

KESIMPULAN

Nilai HU meningkat akibat perubahan nilai kV, akan tetapi nilai tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat perubahan iDose terhadap kV, nilai standar deviasi mengalami penurunan akibat perubahan kV, akan tetapi nilai nilai tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat perubahan iDose, SNR terjadi peningkatan akibat perubahan nilai kV maupun perubahan iDose. Persentase perbandingan pada penggunaan standar kV dengan 80 kV mengalami penurunan dosis radiasi sebesar 62%, sedangkan pada 100 kV mengalami penurunan 25%, dan pada penggunaan 120 kV mengalami meningkatkan 25%. Hasil uji kruskal wallis nilai *p-value* <0,001, kemudian untuk mengetahui perbedaan nilai SNR terhadap penggunaan parameter kV dilakukan pada pemeriksaan CT kepala pada penggunaan iDose3 dengan variasi penggunaan parameter 80 kV, 100 kV, 120 kV. Dimana dari hasil uji kruskal wallis nilai *p-value* <0,001. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan kualitas citra SNR pada setiap perubahan iDose dan parameter kV.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapatan terima kasih ditujukan kepada Poltekkes Kemenkes Jakarta II yang telah mendanai penelitian melalui dana DIPA Poltekkes Kemenkes Jakarta II Tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Hu, A. Padole, dan R. Gupta, "Dual-Energy Computed Tomographic Applications for Differentiation of Intracranial Hemorrhage, Calcium, and Iodine", *Neuroimaging Clinics of North America*. 2017.
- [2] J. Oh, G. Kim, J. Lee, M. Cheon, Y. Park, S. Kim, J. Yi, dan H. Y. Lee, "Automated Detection of Bone Metastatic Changes Using Serial CT scans," *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 58, pp. 62–74, 2017.
- [3] A. Patel, B. van Ginneken, F. J. A. Meijer, E. J. van Dijk, M. Prokop, dan R. Manniesing, "Robust cranial Cavity Segmentation in CT and CT Perfusion Images of Trauma and Suspected Stroke Patients", *Med. Image Anal.*, vol. 36, pp. 216–228, 2017.
- [4] J. Berger-groch, D. M. Theisen, D. Ntalos, L. G. Grossterlinden, E. Hesse, F. Fensky, dan M. J. Hartel, "Determination of Bone Density in Patients with Sacral Fractures via CT scan," pp. 5–9, 2018.
- [5] S. Chilamkurthy, R. Ghost, S. Tanamala, M. Biviji, N. G. Campeau, V. K. Venugopal, V. Mahajan, P. Rao, dan P. Warier, "Deep Learning Algorithms for Detection of Critical Findings in Head CT Scans: A Retrospective Study", *Lancet*, vol. 392, no. 10162, pp. 2388–2396, 2018.
- [6] H. Almohiy, E. Mohamed, M. Alasar, dan C. Saade, "Correct Patient Centering Increases Image Quality without Concomitant Increase of Radiation Dose during Adult Intracranial Computed Tomography", *J. Med. Imaging Radiat. Sci.*, pp. 1–8, 2016.
- [7] R. Hinzpeter, K. Sprengel, G. A. Wanner, P. Mildemberger, dan H. Alkadhi, "Repeated CT Scans in Trauma Transfers: An Analysis of Indications, Radiation Dose Exposure, and Costs," *Eur. J. Radiol.*, vol. 88, pp. 135–140, 2017.
- [8] G. Wang, Y. Luan, L. Feng, dan J. Yu, "Current Status of Infarction in the Basal Ganglia-Internal capsule Due to Mild Head Injury in Children Using PRISMA guidelines (Review)", *Exp. Ther. Med.*, 2019.
- [9] C. L. Chang dan N. C. Chiu, "Letter to the Editor Regarding 'Stroke After Minor Head Trauma in Infants and Young Children With Basal Ganglia Calcification: A Lenticulostriate Vasculopathy'", *J. Child Neurol.*, vol. 33, no. 8, pp. 554–555, 2018.
- [10] J. S. Goraya, S. Berry, K. Saggarr, dan A. Ahluwalia, "Stroke After Minor Head Trauma in Infants and Young Children With Basal Ganglia Calcification: A Lenticulostriate Vasculopathy", *J. Child Neurol.*, vol. 33, no. 2, pp. 146–152, 2018.
- [11] A. Balachandran, S. Kalyanshettar, S. Patil, dan V. Shegji, "Ischemic Stroke in Confederation with Trivial Head Trauma", *Case Rep. Pediatr.*, vol. 2016, pp. 1–4, 2016.
- [12] A. Faried, D. Halim, I. A. Widjaya, R. F. Badri, S. F. Sulaiman, and M. Z. Arifin, "Correlation Between The Skull Base Fracture and The Incidence of Intracranial Hemorrhage in Patients with Traumatic Brain Injury", *Chinese J. Traumatol. - English Ed.*, vol. 22, no. 5, pp. 286–289, 2019.

- [13] V. Montalvan, A. Ulrich, S. Wahlster, dan D. Galindo, "Arterial Dissection as a Cause of Intracranial Stenosis: A Narrative Review," *Clin. Neurol. Neurosurg.*, vol. 190, no. December 2019, 2020.
- [14] S. P. Toelle, T. Avetisyan, N. Kuyumjyan, B. Sukhuyan, E. Boltshauser, dan A. Hackenberg, "Infantile Basal Ganglia Stroke after Mild Head Trauma Associated with Mineralizing Angiopathy of Lenticulostriate Arteries: An under Recognized Entity", *Neuropediatrics*, vol. 49, no. 4, pp. 262–268, 2018.
- [15] Z. Li, F. Xu, Y. Li, R. Wang, Z. Zhang, dan Y. Qu, "Assessment of Intracranial Pressure Monitoring in Patients with Moderate Traumatic Brain Injury: A Retrospective Cohort Study", *Clin. Neurol. Neurosurg.*, 2020.
- [16] J. D. Vargo, A. Hasan, dan B. T. Andrews, "Identification and Management of Cranial Anomalies in Perinatology," *Clinics in Perinatology*. 2018.
- [17] M. Beister, D. Kolditz, dan W. A. Kalender, "Iterative Reconstruction Methods in X-ray CT", *Phys. Medica*, vol. 28, no. 2, pp. 94–108, 2012.
- [18] A. Löve, M. L. Olsson, R. Siemund, F. Stålhammar, I. M. Björkman-Burtscher, dan M. Söderberg, "Six Iterative Reconstruction Algorithms in Brain CT: A Phantom Study on Image Quality at Different Radiation Dose Levels", *Br. J. Radiol.*, vol. 86, no. 1031, 2013.
- [19] M. Irsal, Nurbaiti, A. N. Mukhtar, A. Jauhari, dan G. Winarno, "Variation kVp and mAs on CT Scan Image Quality Using Standard Phantom", *AIP Conf. Proc.*, vol. 2296, no. November, 2020.
- [20] H. Yabuuchi, T. Kamitani, K. Sagiyama, Y. Yamasaki, Y. Matsuras, T. Hino, S. Tsutsui, M. Kondo, T. Shirasaka, dan H. Honda, "Clinical Application of Radiation Dose Reduction for Head and Neck CT," *European Journal of Radiology*. 2018.
- [21] P. D. Deak, Y. Smal, dan W. A. Kalender, "Multisection CT Protocols: Sex- and Age-specific Conversion Dose from Dose-Length Product", *Radiology*, vol. 257, no. 1, pp. 158–166, 2010.
- [22] M. Irsal dan W. Guntur, "Pengaruh parameter Milliampere-Second (mAs) terhadap Kualitas Citra Dan Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Computed Tomography (CT) scan Kepala Pediatrik," *J. Fis. Flux*, vol. 17, no. 1, pp. 1–8, 2020.