

## ANALISIS VARIASI ARUS-WAKTU TABUNG (mAs) DAN ITERATIVE RECONSTRUCTION (IR) DENGAN PENGUKURAN MODULATION TRANSFER FUNCTION (MTF) PADA CITRA CT SCAN KEPALA

Ikhwan Zikri<sup>12</sup>, Muhammad Irsal<sup>1\*</sup>, Shinta Gunawati Sutoro<sup>1</sup>, Guntur Winarno<sup>1</sup>, Ikra Mullah<sup>1</sup>, Dinda Akhridinata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Jakarta II, Jl. Hang Jebat III, Blok F3, Jakarta Selatan, 12120, Indonesia

<sup>2</sup>Instalasi Radiologi, RSUD Tuanku Imam Bonjol, Jl. Jendral Sudirman 33, Nagari Pauah, Kec Lubuk Sikaping, Kab Pasaman, Sumatera Barat, 26311, Indonesia

\*email: muhammad.irsal@poltekkesjkt2.ac.id

### ABSTRAK

Dalam Upaya optimisasi protokol pemeriksaan Computed Tomography (CT) kepala sering kali variasi arus-waktu tabung (mAs) dan penggunaan iterative reconstruction (IR) dikombinasikan untuk penurunan dosis radiasi pada pasien yang mungkin dapat berdampak pada kualitas citra. Modulation transfer function (MTF) merupakan pengukuran objektif untuk mengetahui resolusi spasial pada citra CT, sehingga diharapkan dapat memberikan informasi parameter optimisasi yang ideal dengan mempertimbangkan dosis radiasi dan kualitas citra. Tujuan penelitian menganalisis variasi arus-waktu tabung (mAs) dan Iterative reconstruction (IR) dengan pengukuran modulation transfer function (MTF) pada citra CT scan kepala. Metode penelitian berjenis kuantitatif deskriptif, pengambilan data dilakukan pada salah satu RSUD di sumtera barat pada rentang waktu Agustus-Desember tahun 2024. Kemudian pencitraan CT dilakukan dengan menggunakan protokol CT kepala yang di ekposi pada pantom Quality control (QC) harian CT dengan variasi arus-tabung tabung 200 mAs, 300 mAs serta kombinasi IR dengan iDose dan tanpa iDose. Analisis dilakukan pada 10 potongan citra CT kepala yang kemudian akan dihitung nilai modulation transfer function (MTF) 50% menggunakan imageJ. Setelah itu, hasil penelitian akan dibuat grafik nilai rata-rata dan dilakukan kajian literatur yang komprehensif untuk menganalisis variasi arus-waktu tabung dan IR dengan pengukuran MTF pada citra CT kepala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MTF variasi arus-waktu tabung dan IR cenderung memiliki pola sama untuk semua, sehingga dalam penelitian ini dapat dikatakan variasi arus-waktu tabung (mAs) dan iterative reconstruction (IR) tidak dapat mempengaruhi MTF.

**Kata Kunci:** Arus-waktu tabung (mAs); Iterative reconstruction (IR); Modulation transfer function (MTF); Citra CT kepala.

### ABSTRACT

**[Title: Analysis of Variation Current-time tube (mAs) and Iterative Reconstruction (IR) With Modulation Transfer Function (MTF) Measurement on Head CT Scan Images ]** To optimize head CT examination protocols, tube current-time (mAs) variation and the use of iterative reconstruction (IR) are often combined to decrease radiation dose to patients, which may have an impact on image quality and radiation dose. Modulation transfer function (MTF) is an objective measurement to determine the spatial resolution of CT images, so it is expected to provide information on ideal optimization parameters considering radiation dose and image quality. The aim of this study was to analyze the variation of tube current-time (mAs) and Iterative Reconstruction (IR) measurements with modulation transfer function (MTF) on Brain CT scan images. The research method is quantitative descriptive type, data collection was carried out at one of the hospitals in Padang in the August-December period of 2024. Then CT imaging was performed using a head CT protocol that was exposed to the phantom daily CT QC with variations in tube-current of 200 mAs, 300 mAs and a combination of IR with iDose and without iDose. The analysis was performed on 10 pieces of head CT images which will then calculate the 50% MTF value using imageJ. After that, the results of the study will be carried out by making a graph of the average value and a comprehensive literature review is carried out to analyze the tube current-time variation with MTF measurements on head CT images. The results showed that the MTF values of the time-current tube and IR variations tended to have the same pattern for all, so that in this study it can be said that variations in tube current-time (mAs) and iterative reconstruction (IR) cannot affect MTF.

**Keywords:** Current-time tube (mAs); Iterative reconstruction (IR); Modulation transfer function (MTF); Brain CT imaging.

## PENDAHULUAN

*Computed tomography* atau CT scan merupakan modalitas pencitraan diagnostik menggunakan prinsip interaksi sinar-X dengan jaringan tubuh yang diproses dengan bantuan komputer untuk menampilkan gambar potongan *cross-section* tubuh manusia. Penggunaan sinar-X pada pencitraan CT memiliki kekhawatiran terhadap risiko kesehatan akibat paparan radiasi. Sebab itu, dalam berbagai prosedur pemeriksaan CT paparan radiasi yang dihasilkan harus upayakan seminimal mungkin (Irsal et al., 2020).

Dalam beberapa tahun terakhir, laporan penelitian tentang prosedur pemeriksaan CT kepala mengalami peningkatan. Sebanyak 293 hasil pemeriksaan pasien di sebuah rumah sakit terdapat 58.1% citra normal dan 41.9% tidak normal (Ilyas Ma'aruf Hamam et al., 2021; Novita T. A. Parinding et al., 2015). Dampak risiko radiasi yang mungkin terjadi akibat paparan radiasi yaitu efek deterministik dan stokastik, kebolehjadian kemunculan efek deterministik sangat dipengaruhi oleh peningkatan dosis radiasi. Sedangkan efek stokastik kebolehjadian kemunculannya tidak dipengaruhi besar dan kecil paparan radiasi yang diterima oleh pasien. Oleh karena itu, penggunaan radiasi harus didasarkan pada proteksi radiasi dengan mengupayakan prosedur optimisasi (Hikmah et al., 2023).

Pemilihan parameter protokol pemeriksaan CT dapat mempengaruhi kualitas citra dan dosis radiasi, salah satunya yaitu arus tabung (mA). Peningkatan mA berarti meningkatkan kualitas citra dengan resolusi spasial kontras yang semakin baik dengan penurunan noise, akan tetapi dosis radiasi semakin besar (Fitriana & Utami, 2021). Perkembangan teknologi CT untuk menurunkan dosis radiasi yang lebih rendah dengan memperbaiki kualitas citra menggunakan algoritma *Iterative reconstruction* (IR) yang dikenal dengan sebutan *iDose* pada modalitas CT vendor Philips (Sulaksono & Kurniawati, 2023).

Kualitas citra memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan hasil diagnosa pasien pemeriksaan CT, kemampuan dalam memvisualisasi struktur kontras rendah pada suatu objek menjadi keunggulan pencitraan CT. Dosis radiasi dan derau (*noise*) sangat mempengaruhi produksi kontras rendah, penurunan *noise* pada citra memberikan peningkatan struktur kontras rendah, tetapi hal ini memberikan indikasi mungkin terjadi peningkatan dosis radiasi. Oleh karena itu, perbedaan dosis radiasi tinggi dan rendah tentu menghasilkan kualitas citra yang berbeda, sehingga dalam menentukan

protokol CT harus didasarkan kebutuhan diagnosa pasien (Rozaanah et al., 2015)

*Modulation Transfer Function* (MTF) merupakan parameter kualitas citra yang digunakan dalam menentukan resolusi spasial. Parameter ini berkaitan dengan kemampuan untuk membedakan objek yang berukuran kecil dengan densitas yang berbeda pada latar belakang yang sama. Pengukuran MTF didasarkan pada domain spasial dan domain frekuensi yang dinyatakan dalam cycle/ mm. Semakin tinggi nilai MTF, maka batas tepian dari tumor akan terlihat semakin jelas (Adi et al., 2024). Berdasarkan beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan parameter mAs disertai penggunaan IR dapat meningkatkan kualitas citra (Irsal et al., 2021; Mutiara Fatimah Azhara et al., 2023; Yahdillah Nur et al., 2021). Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan penelitian tentang analisis variasi arus-waktu tabung (mAs) dan *iterative reconstruction* (IR) dengan pengukuran *modulation transfer function* (MTF) pada citra CT kepala.

## METODE

Metode penelitian berjenis kuantitatif deskriptif dengan melakukan percobaan variasi arus-waktu tabung (mAs) dan (IR) dengan pengukuran (MTF) pada citra CT kepala yang dihasilkan penggunaan protokol pemeriksaan CT kepala yang sering digunakan untuk prosedur pada pasien. Penelitian dilaksanakan di salah satu rumah sakit (RS) di wilayah Sumatera barat dalam rentang waktu Agustus sampai dengan Desember 2024. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari modalitas CT *Philips Ingenuity 64 slice* dengan spesifikan *Tipe 64 slice*, tegangan tabung 80-140 kVp dan arus tabung 30-400 mA. Selanjutnya menggunakan pantom QC CT yang di tunjukan pada Gambar 1.

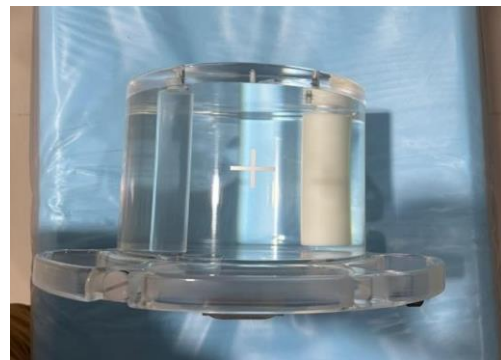
Prosedur penelitian dilakukan dengan melakukan observasi terlebih dahulu untuk memastikan semua alat dan bahan tersedia. Kemudian diposisikan pantom QC CT pada meja pemeriksaan CT, pastikan posisi telah tepat seperti saat melakukan uji QC harian CT, selanjutnya diberikan pengaturan protokol CT kepala seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Selanjutnya citra yang dihasilkan dari hasil eksposi akan diproses ke dalam perangkat lunak ImageJ untuk mendapatkan hasil pengukuran *modulation transfer function* (MTF). Informasi dari hasil pengukuran MTF berupa gambar grafik dengan sumbu horizontal (x) menunjukkan nilai frekuensi spasial (line pair/ milli meter), sumbu vertical (y) menunjukkan nilai MTF.

**Tabel 1.** Protokol pemeriksaan CT kepala

Parameter	
kV	: 120 kVp
mAs	: 200 mAs dan 300 mAs
Pitch	: 0.297
Kolimasi	: Auto
Field Of View	: 250 mm
Waktu rotasi	: 0.4 s
Waktu scan	: 7.8 s
Ukuran slice	: 1.50 mm
Increment	: 0.75 mm
Window	: WL 40 dan WW 80
Matrix	: 512
Iterative reconstruction	: dengan iDose dan tanpa iDose
mA termodulasi	: <i>Doseright off</i>

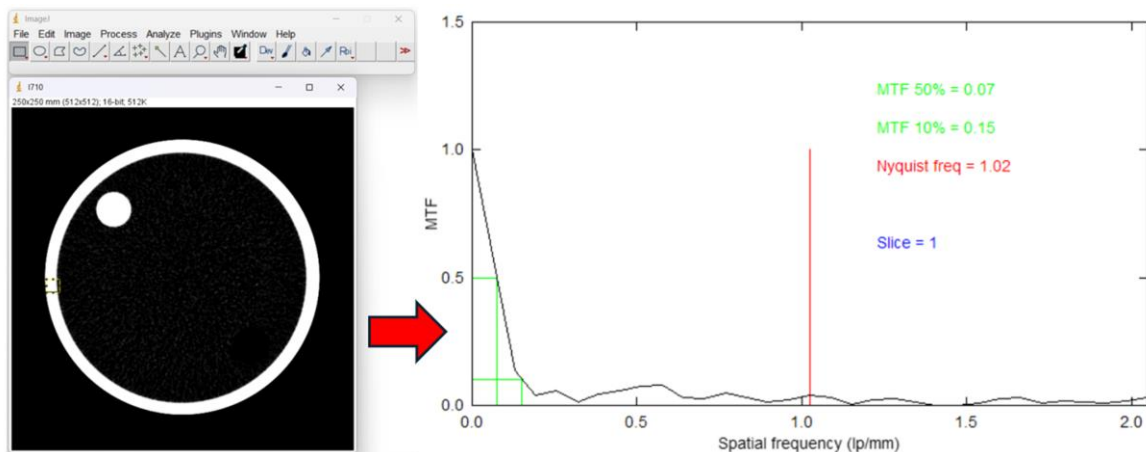


(a)



(b)

**Gambar 1.** (a) Modalitas CT , (b) pantom QC CT



**Gambar 2.** Pengukuran modulation transfer function (MTF)

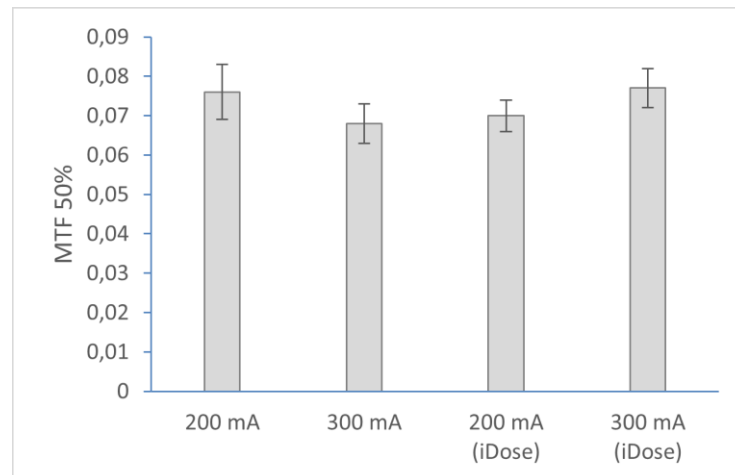
Selain itu, nilai yang dianalisis yaitu MTF 50% kemampuan citra dalam menghasilkan ketajaman gambar dari kontras yang dihasilkan dan masih dapat dibedakan secara visual oleh manusia, MTF 10% kemampuan maksimum citra dalam menghasilkan ketajaman gambar dari kontras, dan

nilai Nyquist adalah kemampuan sistem pencitraan dalam memproduksi citra detil.

Pengukuran MTF 50% dilakukan pada 10 potongan citra CT yang ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya, akan di analisis hasil MTF 50% dari

citra CT kepala pada variasi arus-waktu tabung

sistem pencitraan dengan peningkatan nilai frekuensi



**Gambar 3.** Analisis MTF 50% pada variasi arus-waktu tabung dan IR

(mAs) dan IR, serta melakukan kajian literature untuk mendukung hasil penelitian.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode penilaian kualitas citra menggunakan *modulation transfer function* (MTF) pertama kali diajukan oleh Judy tahun 1976 yang dalam perkembangannya MTF digunakan sampai dengan sekarang untuk mengetahui informasi frekuensi spasial pada suatu citra. Penerapan pengukuran MTF untuk penilaian kualitas citra telah digunakan secara praktik klinis pada citra, dengan alasan pengukuran yang dilakukan mudah dan cepat (Friedman et al., 2013). Hasil pengukuran MTF umumnya menunjukkan grafik resolusi spasial dari sebuah komponen sistem pencitraan. Nilai grafik memperlihatkan degradasi kontras suatu citra dari hasil respon sistem optik peralatan pencitraan (Brüllmann & D'Hoedt, 2011).

Dari hasil pengukuran MTF 50% pada citra CT dari variasi arus tabung 200 mAs dan 300 mAs, serta perubahan variasi penggunaan iDose dan tanpa iDose yang ditunjukkan pada Gambar 3, nilai pada semua variabel pengukuran MTF 50% cenderung sama, nilai MTF 50% 200 mAs dengan iDose yaitu 0.070, untuk nilai MTF 50% 200 mAs tanpa iDose 0.76, untuk nilai MTF 50% 300 mA dengan iDose 0.077, dan untuk nilai MTF 50% 200 mAs tanpa iDose 0.068. Kemudian dari hasil penelitian yang terlihat nilai MTF 50% pada variasi arus-waktu tabung dan IR menghasilkan nilai yang cenderung memiliki pola yang sama walaupun dilakukan variasi parameter protokol CT kepala.

Pengukuran MTF digunakan untuk mengetahui kinerja sebuah peralatan pada suatu

spasial dengan nilai MTF mengalami penurunan secara bertahap (Wang & Li, 2015). Hasil penelitian menunjukkan pengukuran nilai MTF 50% pada variasi arus tabung dan penggunaan iDose cenderung sama walaupun dilakukan variasi parameter. Hasil serupa ditunjukkan oleh Betha, bahwa tidak terjadi perbedaan nilai MTF saat perubahan arus tabung, menurutnya secara teoritis tidak ada hubungan antara arus tabung dan MTF, walaupun di beberapa sistem CT perubahan mA dapat secara otomatis menyesuaikan dengan perubahan ukuran titik fokus. Hasil yang mereka temukan menunjukkan bahwa perubahan 100-300 mA tidak menimbulkan perubahan pada nilai MTF (Betha S. Wulandari et al., 2024). Kemudian untuk untuk perubahan iDose terhadap MTF juga memiliki hasil serupa dengan yang ditunjukkan oleh Adiwasono, walaupun tidak secara spesifik membahas tentang pengukuran variasi penggunaan iDose, tetapi ditemukan secara umum penggunaan variasi iterative reconstruction pada hasil pengukuran MTF yang mereka dapatkan terlihat konsisten, hal ini menunjukkan bahwa IR memiliki kemampuan dalam mempertahankan resolusi spasial dan menurunkan noise pada citra. Penggunaan tingkatan IR yang lebih tinggi mungkin dapat mempengaruhi MTF (Adiwasono M. B. Setiawan et al., 2023).

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah penggunaan peralatan pantom QC CT, menurut penulis pantom QC CT tidak memberikan hasil maksimal, hanya sebatas pemantauan kinerja pencitraan alat, sehingga tidak dapat digunakan untuk penilaian protokol ataupun prosedur optimisasi. Material air yang terdapat didalam pantom QC sering kali tidak memberikan yang signifikan, apabila dilakukan

pengukuran kualitas citra. Berdasarkan hasil penelitian oleh Imam Suyudi dengan menganalisis nilai Hounsfield Unit (HU) pada penggunaan IR dan tanpa IR didapatkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan dari nilai HU, walaupun terjadi penurunan noise (Imam Suyudi et al., 2020). Oleh karena itu, sebaiknya dapat dicoba pengukuran MTF pada material selain air atau material yang memiliki nomor atom yang besar agar mendapatkan informasi kualitas yang lebih valid yang terdapat didalam pantom QC yaitu *polyethylene*, *acrylic* dan *teflon*.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis variasi arus-waktu tabung (mAs) dan *iterative reconstruction* (IR) pada pengukuran *modulation transfer function* (MTF) pada CT kepala, untuk pengukuran nilai MTF 50% untuk variasi arus-waktu tabung 200 mAs dan 300 mAs, serta kombinasi iDose dan tanpa iDose pada protokol CT kepala cenderung memiliki pola grafik yang sama untuk semua variasi parameter yaitu nilai MTF 50% 200 mAs dengan iDose yaitu 0.070, untuk nilai MTF 50% 200 mAs tanpa iDose 0.76, untuk nilai MTF 50% 300 mA dengan iDose 0.077, dan untuk nilai MTF 50% 200 mAs tanpa iDose 0.068. Sehingga dalam penelitian ini dapat dikatakan variasi arus-waktu tabung (mAs) dan *iterative reconstruction* (IR) tidak dapat mempengaruhi MTF.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adi, E. P., Sholeh, A. S., Ardenti, D. D., & Pratiwi, U. (2024). Pengaruh Penambahan Media Kontras Terhadap Kualitas Citra CT Scan Kepala Pada Pasien Tumor Otak. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya*, 11(2), 24–32. <https://journal.student.uny.ac.id/fisika/article/view/21973>
- Adiwasono M. B. Setiawan, Anam, C., Hidayanto, E., Sutanto, H., Naufal, A., & Dougherty, G. (2023). Comparison of noise-power spectrum and modulation-transfer function for CT images reconstructed with iterative and deep learning image reconstructions: An initial experience study. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*, 29(2), 104–112. <https://doi.org/10.2478/PJMPE-2023-0012>
- Betha S. Wulandari, Choirul Anam\*, Heri Sutanto, Riska Amilia, & Yuliana Lakapu. (2024). The Evaluation of the Tube Current Impact on Axial, Sagittal, and Coronal MTFs on CT Images Using an In-House Phantom. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 11(6), 349–354. <https://doi.org/10.32628/IJSRST24116185>
- Brüllmann, D. D., & D’Hoedt, B. (2011, May). *The modulation transfer function and signal-to-noise ratio of different digital filters: a technical approach*. *Dento Maxillo Facial Radiology*. <https://doi.org/10.1259/dmfr/33029984>
- Fitriana, L., & Utami, H. S. (2021). Perbedaan Nilai Image Noise Dan Dosis Radiasi Dengan Menggunakan Automatic Exposure Control (AEC) Pada Pemeriksaan CT Scan. *Jurnal Kesehatan*, 12(2), 131–136. <https://doi.org/10.38165/JK.V12I2.259>
- Friedman, S. N., Fung, G. S. K., Siewerdsen, J. H., & Tsui, B. M. W. (2013, May). *A simple approach to measure computed tomography (CT) modulation transfer function (MTF) and noise-power spectrum (NPS) using the American College of Radiology (ACR) accreditation phantom*. *Medical Physics*. <https://doi.org/10.1118/1.4800795>
- Hikmah, I., Indah Purnama, S., Prayugo Hariyanto, A., & Nur Afifah Zen, dan. (2023). Optimasi Dosis Mata dan Kualitas Citra Menggunakan Shielding pada Pencitraan CT-Scan Kepala. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 11(01), 73–80. <https://jtaf.fmipa.unila.ac.id/index.php/jtaf/article/view/332>
- Ilyas Ma’aruf Hamam, Asih Puji Utami, & Sofie Nornalita Dewi. (2021). *Teknik Pemeriksaan CT-Scan Kepala Studi Literatur Stroke Hemorrhagic*. <http://digilib.unisayogya.ac.id/>
- Imam Suyudi, Anam, C., Sutanto, H., Triadyaksa, P., & Fujibuchi, T. (2020). Comparisons of Hounsfield Unit Linearity between Images Reconstructed using an Adaptive Iterative Dose Reduction (AIDR) and a Filter Back-Projection (FBP) Techniques. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 10(2), 215–224.

- <https://doi.org/10.31661/JBPE.V0I0.1912-1013>
- Irsal, M., & Winarno, G. (2020). Pengaruh Parameter Milliampere-Second (mAs) terhadap Kualitas Citra Dan Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan CT scan Kepala Pediatrik. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.20527/flux.v17i1.7085>
- Irsal, M., Nurbaiti, N., Mukhtar, A. N., Gunawati, S., & Hidayat, W. (2021). Effect of Tube Voltage on the Use of Iterative Reconstruction on Computed Tomography Brain Examination. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 09(01), 103–110. <https://jtaf.fmipa.unila.ac.id/index.php/jtaf/article/view/277>
- Mutiara Fatimah Azhara, Syamsir Dewang, Sri Dewi Astuty, Ulfah Rosyidah, & Bannu Abdul Samad. (2023). Analisis Modulation Transfer Function (MTF) Dan Contrasts-To-Noise Ratio (CNR) Untuk Optimasi Kualitas Citra CT Scan. *Berkala Fisika*, 26(1), 1–7. [https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala\\_fisika/article/view/54919/23777](https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/54919/23777)
- Novita T. A. Parinding, Ramli Haji Ali, & Vonny N. Tubagu. (2015). Gambaran Hasil Pemeriksaan CT Scan Kepala Pada Penderita Stroke Hemoragik Di Bagian Radiologi Fk. Unsrat/SMF Radiologi BLU RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. *Jurnal E-Clinic (ECI)*, 3(1), 93–97. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/eclinic/article/view/6746/6270>
- Rozanah, Wahyu Setia Budi, & Zaenal Arifin. (2015). Perbandingan Kualitas Citra CT Scan Pada Protokol Dosis Tinggi dan Dosis Rendah Untuk Pemeriksaan Kepala Pasien Dewasa dan Anak. *Youngster Physics Journal*, 4(1), 117–126. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Sulaksono, N., & Kurniawati, A. (2023). Optimalisasi Kualitas Citra Anatomi Dengan Variasi iDose Dan Iterative Model Reconstruction (IMR) Pada MSCT Urography Non Kontras Dengan Teknik Tracking. *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, 6(1), 51–55. <https://doi.org/10.55451/JRI.V6I1.176>
- Wang, Y., & Li, B. (2015). *Evaluation of Modulation Transfer Function on the optical tomography imaging system*. <https://doi.org/10.1109/CISP.2015.7407971>
- Yahdillah Nur, Herri Trilaksana, & Akhmad Muzammil. (2021). *Analisis Pengukuran Kualitas Citra CT-Scan Dengan Menentukan Nilai Resolusi Spasial Menggunakan MTF (Modulation Transfer Function)*. [Fisika, Universitas Brawijaya]. <http://www.lib.unair.ac.id>