

*Original paper*

## **ANALISIS MODULATION TRANSFER FUNCTION (MTF) DAN CONTRAST-TO-NOISE RATIO (CNR) CITRA CT SCAN UNTUK OPTIMASI KUALITAS CITRA**

*Mutiara Fatimah Azhara<sup>1</sup>, Syamsir Dewang<sup>1\*</sup>, Ulfah Rosyidah<sup>2</sup>, Sri Dewi Astuty<sup>1</sup>, Bannu Abdul Samad<sup>1</sup>,*

<sup>1</sup>Laboratorium Fisika Medik dan Biofisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia

<sup>2</sup>Instalasi Radiologi, RSUD Haji Makassar, Indonesia

Email: [dewang1163@gmail.com](mailto:dewang1163@gmail.com)

Received: 3 Januari 2025; revised: 22 Januari 2025; accepted: 27 Januari 2025

### **ABSTRAK**

Salah satu parameter utama dalam kualitas citra CT scan untuk penegakan diagnosa adalah resolusi kontras tinggi, yang dinyatakan dengan Modulation Transfer Function (MTF) dan resolusi kontras rendah, yang dinyatakan dalam contrast-to-noise ratio (CNR). MTF dan CNR menjadi kriteria penting untuk membandingkan protokol dosis tinggi dan dosis rendah, yang bergantung pada karakteristik obyek target. MTF mengkarakterisasi tingkat keburaman pada domain frekuensi sedangkan CNR mengkuantifikasi detektabilitas objek-objek kontras rendah. Penelitian ini menggunakan fantom American Association of Medical Physicists in Medicine (AAPM) sebagai obyek dengan variasi arus tabung dan tebal irisan. Citra dianalisis dengan software Radiant DICOM dan IndoQCT. Pengukuran dilakukan dengan dua variasi yaitu arus tabung 100, 130 dan 150 mA pada tegangan tabung 80 kV dan tebal irisan 2,5 mm. Sedangkan untuk variasi tebal irisan 1,25, 3,75, dan 5 mm pada tegangan tabung 80 kV dan arus tabung 125 mA. Hasil penelitian menunjukkan nilai MTF<sub>10</sub> masing-masing variasi arus tabung berturut-turut 0,7 line/mm; 0,7 line/mm; dan 0,8 line/mm. Nilai MTF masing-masing variasi tebal irisan sama yaitu 0,7 line/mm. Nilai CNR pada variasi arus tabung sebesar 2,548; 3,016; dan 3,482 serta pada variasi tebal irisan diperoleh 2,308; 2,613; dan 2,735. Semakin besar nilai arus tabung dan tebal irisan, maka nilai MTF semakin tinggi demikian pula untuk nilai CNR.

**Kata Kunci:** IndoQT, Resolusi Kontras Tinggi, Resolusi Kontras Rendah

### **PENDAHULUAN**

Computed Tomography (CT) merupakan modalitas yang banyak digunakan untuk menghasilkan citra radiologi dari tubuh bagian dalam menggunakan paparan sinar-X berenergi tinggi [1]. Prinsip dasar CT scan mirip dengan perangkat radiografi yang sudah lebih umum dikenal. Kedua perangkat ini sama-sama memanfaatkan intensitas radiasi setelah melewati suatu obyek untuk membentuk citra. Tidak

seperti citra yang dihasilkan dari teknik radiografi, informasi citra yang ditampilkan oleh CT scan tidak tumpang tindih sehingga dapat memperoleh citra yang menampilkan informasi tampak melintang obyek yang disinari [2, 3].

Citra CT scan telah digunakan secara luas pada bidang medis, meskipun citra yang dihasilkan masih belum sempurna. Pengolahan citra atau *image processing*

pada CT *scan* bertujuan untuk mendapatkan kualitas citra yang lebih baik, yakni *noise* yang lebih kecil, resolusi spasial yang lebih tinggi, dan kontras resolusi yang meningkat [4]. Secara umum, parameter yang menunjukkan kualitas citra CT *scan* meliputi resolusi spasial, kontras resolusi, *noise*, dan artefak [5].

Resolusi spasial atau resolusi kontras tinggi adalah kemampuan untuk membedakan objek yang berukuran kecil dengan densitas yang berbeda pada latar belakang yang sama [6]. Penentuan nilai resolusi spasial dapat dilakukan secara visual untuk membedakan citra yang jelas terbaca dengan citra yang kabur. Berdasarkan perhitungan, terdapat domain spasial dan domain frekuensi dimana besarnya skala nilai citra dinyatakan dalam *l/mm*. Domain spasial terdiri dari fungsi sebaran tepi atau *Edge Spread Function* (ESF), fungsi sebaran garis atau *Line Spread Function* (LSF) dan fungsi sebaran titik atau *Point Spread Function* (PSF). Salah satu metode untuk menentukan resolusi spasial dalam domain frekuensi ialah *Modulation Transfer Function* (MTF) [7]. Nilai dari MTF10% akan ditentukan dari kurva MTF yang merupakan batas suatu objek dapat ditangkap secara visual. Oleh karena itu, setiap objek dengan nilai MTF di bawah 10 % akan sulit untuk dilihat dan diidentifikasi. Semakin tinggi nilai MTF suatu objek maka akan semakin jelas objek tersebut terlihat [8].

Resolusi kontras rendah yang juga disebut resolusi kontras rendah dapat dinyatakan sebagai kemampuan CT *scan* untuk menampilkan objek yang memiliki perbedaan densitas sangat kecil. Resolusi kontras rendah ini juga dikenal dengan nama *sensitivity of system*, karena dapat mendeteksi perbedaan kerapatan objek berkisar kurang dari 1% [9]. Resolusi kontras rendah membedakan antara kepadatan objek dan latar belakangnya. Resolusi kontras rendah dipengaruhi oleh faktor eksposi yang meliputi tegangan

tabung, arus tabung dan waktu penyinaran [10].

Analisa citra dari resolusi kontras rendah dapat dilakukan melalui pengukuran nilai *Region of Interest* (ROI) pada beberapa titik di setiap citra. Nilai ROI yang diperoleh dalam *Hounsfield Units* (HU) dapat digunakan untuk melihat kualitas citra melalui nilai perbandingan kontras terhadap *noise* (*contrast-to-noise ratio* atau CNR) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) [11].

$$\text{CNR} = \frac{|A - B|}{\text{SD}} \quad (1)$$

dimana A = *mean* ROI dari objek

B = *mean* ROI dari *background*

SD = standar deviasi *background*

Metode CNR telah banyak digunakan untuk mengukur kualitas citra secara kuantitatif, terutama pada citra CT. Semakin tinggi nilai CNR maka citra sinar-X yang didapatkan juga semakin baik.

*Noise* dapat dideskripsikan sebagai standar deviasi dari nilai-nilai piksel yang terdapat dalam matriks dari sebuah citra CT [12]. Meningkatnya level *noise* dapat menurunkan resolusi kontras rendah suatu citra pesawat CT [13]. Parameter kualitas citra yang terakhir yaitu artefak, dapat didefinisikan sebagai struktur apapun yang terlihat pada gambar tetapi tidak mewakili anatomi sebenarnya. Artefak dalam CT *scan* terdiri dari *shading* artefak, artefak cincin, dan *streak* artefak [14]. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi MTF dan CNR citra CT.

## BAHAN DAN METODE

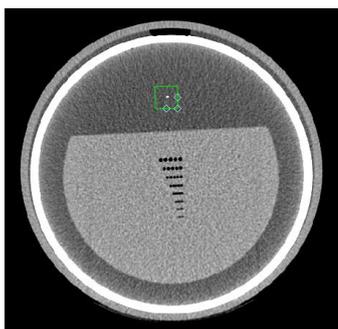
Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Haji Makassar dengan menggunakan pesawat CT *scan* merk GE Brivo 385, AAPM CT *Performance Phantom* model 610, dan *aquabides* sebanyak 7 liter. Gambar 1 menunjukkan foto fantom AAPM.



**Gambar 1.** AAPM CT Performance Phantom.

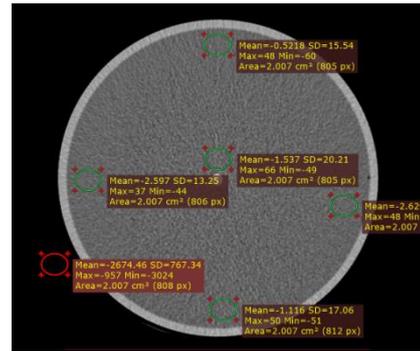
Pengambilan data dilakukan dengan cara memvariasikan parameter arus tabung dan tebal irisan untuk mendapatkan nilai resolusi kontras tinggi dan kontras rendah. Sebelum penelitian dimulai, dilakukan pemeriksaan pesawat terlebih dahulu untuk memastikan bahwa kondisi *scan* parameter pada pesawat dalam keadaan siap digunakan. Parameter *scan* diatur pada variasi arus tabung 100, 130, dan 150 mA, variasi tebal irisan 1,25, 3,75, dan 5 mm, waktu rotasi 1 detik, dan tegangan tabung 80 kV. Citra yang dihasilkan akan dianalisis menggunakan *software* Radiant DICOM dan IndoQCT.

Untuk pengukuran resolusi kontras tinggi, dilakukan menggunakan *software* IndoQCT dengan menempatkan ROI pada titik berwarna putih seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Penempatan ROI untuk menghitung nilai resolusi kontras tinggi.

Untuk pengukuran resolusi kontras rendah, penempatan ROI dilakukan menggunakan *software* Radiant DICOM pada pusat citra, *background* citra, tepi 1 (jam 3), tepi 2 (jam 6), tepi 3 (jam 9) dan tepi 4 (jam 12) seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Penempatan ROI untuk menghitung nilai resolusi kontras rendah.

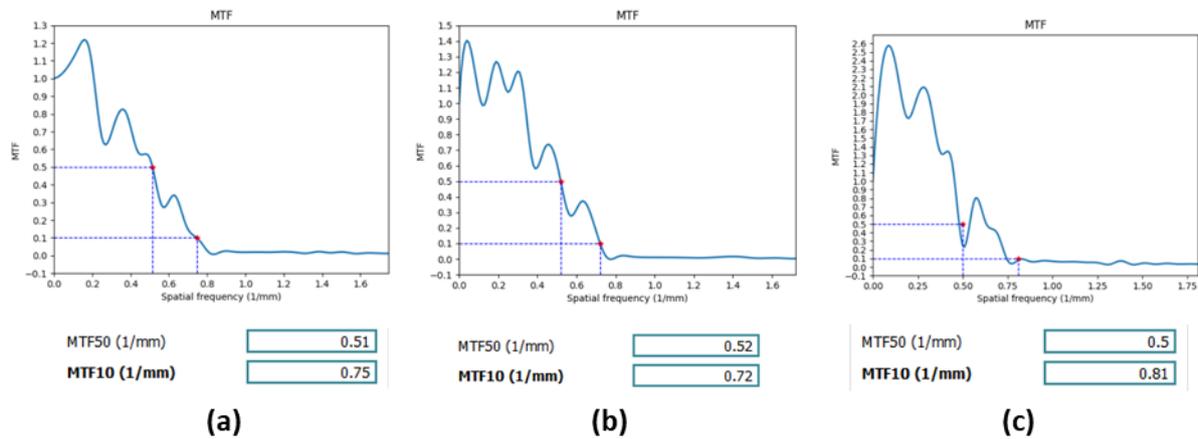
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Resolusi Kontras Tinggi

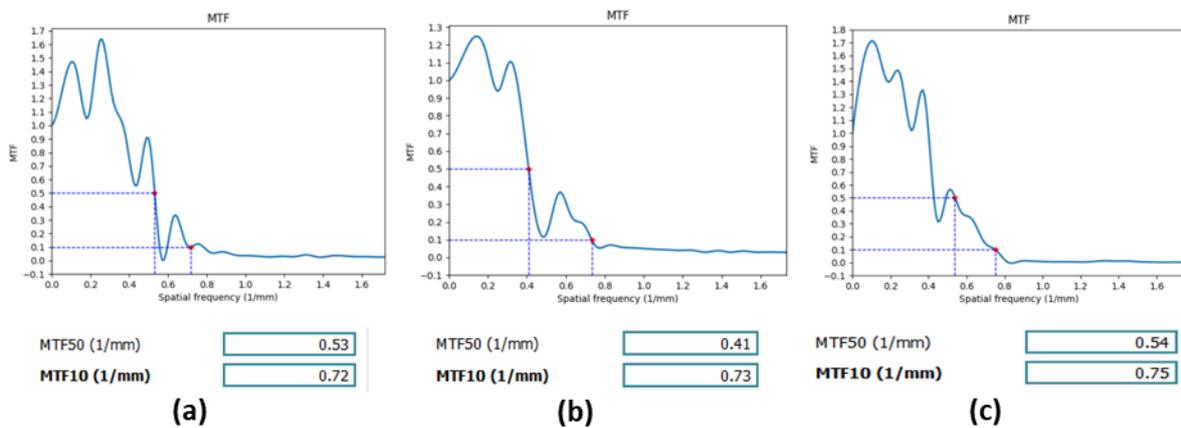
Nilai MTF menggambarkan perbandingan antara objek dan *background*. Nilai ini dapat digunakan untuk mengetahui resolusi kontras tinggi dari suatu citra. ROI diletakkan pada objek menggunakan *software* IndoCT.

Pengukuran nilai MTF dilakukan dengan variasi arus tabung 100, 130, dan 150 mA, tegangan tabung 80 kV, tebal irisan 2,5 mm dan waktu rotasi 1 s. Nilai MTF digambarkan dalam bentuk kurva MTF% dimana nilai MTF 10% merupakan batas suatu objek dapat dilihat secara visual. Gambar 4 menampilkan kurva MTF berdasarkan variasi arus tabung, dan Gambar 5 menampilkan kurva MTF pada variasi tebal irisan.

Pada Gambar 4, nilai MTF 10% ialah 0,7 *l/mm* pada arus tabung 100 mA, dan 130 mA. Sedangkan untuk arus tabung 150 mA, nilai MTF 10% ialah 0,8 *l/mm*. Nilai MTF 10% tidak berbeda secara signifikan walaupun terdapat sedikit peningkatan seiring meningkatnya arus tabung. Semakin besar nilai MTF 10%, maka resolusi kontras tinggi juga semakin baik. Dari gambar 4, dapat dilihat bahwa semua nilai MTF 10% sesuai dengan standar BAPETEN, yaitu  $\geq 0,5$  *l/mm*. Hal ini berarti bahwa kemampuan pesawat CT *scan* dalam menghasilkan resolusi spasial masih baik.



**Gambar 4.** Hasil perhitungan nilai kurva MTF dan MTF10% pada variasi arus tabung. (a) arus tabung 100 mA; (b) arus tabung 130 mA; (c) arus tabung 150 mA.



**Gambar 5.** Hasil perhitungan kurva MTF dan nilai MTF10% pada variasi tebal irisan. (a) tebal irisan 1,25 mm. (b) tebal irisan 3,75 mm (c) tebal irisan 5 mm.

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai MTF 10% ialah 0,7 *1/mm* semua variasi tebal irisan. Hal ini dikarenakan resolusi kontras tinggi tidak dipengaruhi oleh tebal irisan. Oleh karena itu peningkatan tebal irisan tidak membuat nilai MTF 10% ikut meningkat. Tetapi nilai MTF 10% dari semua variasi tebal irisan tetap memenuhi standar dari BAPETEN, yaitu  $\geq 0,5$  *1/mm*. Hal ini berarti bahwa kemampuan pesawat CT scan dalam menghasilkan resolusi spasial masih baik.

#### Analisis Resolusi Kontras Rendah

Nilai CNR menggambarkan perbandingan antara kontras terhadap *noise* pada suatu citra. Nilai ini didapatkan dengan pengukuran nilai CTN berdasarkan posisi

tiap ROI. Pengukuran nilai CNR dilakukan dengan variasi arus tabung 100, 130, dan 150 mA, tegangan tabung 80 kV, tebal irisan 2,5 mm dan waktu rotasi 1 s. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran CNR variasi arus tabung, sementara Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran CNR variasi tebal irisan.

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata CNR yang didapatkan yaitu 2,548 untuk arus tabung 100 mA, 3,016 untuk arus tabung 130 mA, dan 3,483 untuk arus tabung 150 mA. Arus tabung 100 mA dengan tebal irisan 2,5 mm menghasilkan nilai rata-rata CNR terendah, yaitu 2,548 sedangkan nilai CNR tertinggi diperoleh dari arus tabung 150 mA yaitu 3,482. Hal ini disebabkan karena resolusi kontras

rendah dipengaruhi oleh parameter seperti arus tabung. Semakin besar nilai arus tabung maka semakin besar pula nilai CNR. Begitupun sebaliknya, jika nilai arus tabung semakin kecil maka nilai CNR juga semakin kecil. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai CNR rata-rata dari semua variasi arus tabung masih sesuai dengan standar BAPETEN, yaitu  $>1$ . Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan CT scan masih baik dalam menampilkan kontras resolusi rendah pada suatu citra.

Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata CNR yang didapatkan yaitu 2,308 untuk tebal irisan 1,25 mm, 2,613 untuk tebal irisan 3,75 mm, dan 2,735 untuk tebal irisan 5 mm. Tebal irisan 1,25 mm dengan arus

tabung 125 mA menghasilkan nilai rata-rata CNR terendah, yaitu 2,308 sedangkan nilai CNR tertinggi diperoleh dari tebal irisan 5 mm, yaitu 2,735. Hal ini karena salah satu parameter yang mempengaruhi resolusi kontras rendah ialah tebal irisan. Semakin besar ketebalan irisan maka semakin besar pula nilai CNR, begitupun sebaliknya, jika ketebalan irisan semakin kecil maka nilai CNR juga semakin kecil. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai CNR rata-rata dari semua variasi tebal irisan masih sesuai dengan standar BAPETEN, yaitu  $>1$ . Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan CT scan masih baik dalam menampilkan kontras resolusi pada suatu citra.

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran nilai CNR dengan variasi arus tabung.

Arus Tabung (mA)	Tebal Irisan (mm)	Nilai CNR					Rata-Rata CNR
		Tepi 1	Tepi 2	Tepi 3	Tepi 4	Pusat	
100	2,5	2,548	2,550	2,548	2,550	2,548	2,548
130		3,015	3,016	3,017	3,018	3,018	3,016
150		3,481	3,483	3,481	3,484	3,483	3,482

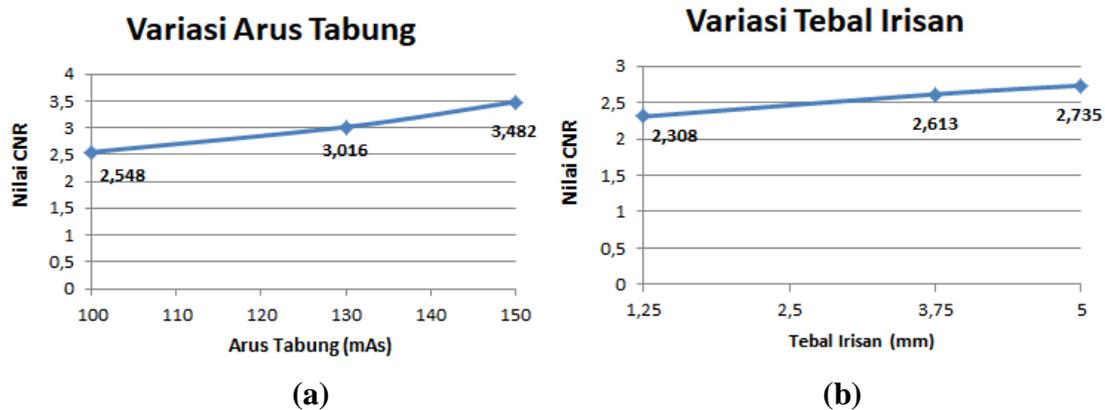
**Tabel 2.** Data hasil pengukuran nilai CNR dengan variasi tebal irisan.

Tebal Irisan (mm)	Arus Tabung (mA)	Nilai CNR					Rata-Rata CNR
		Tepi 1	Tepi 2	Tepi 3	Tepi 4	Pusat	
1,25	125	2,306	2,307	2,308	2,309	2,310	2,308
3,75		2,614	2,614	2,615	2,611	2,615	2,613
5		2,736	2,734	2,735	2,736	2,736	2,735

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai CNR mengalami peningkatan. Besarnya nilai CNR berbanding lurus dengan besar nilai arus tabung dan tebal irisan. Artinya jika nilai arus tabung dan tebal irisan semakin besar, maka nilai CNR juga semakin besar.

Tebal irisan yang besar menyebabkan lebih banyak sinar-X yang lewat obyek selama proses *scanning*. Artinya, lebih banyak sinyal yang masuk ke detektor dan rasio kontras terhadap *noise* yang lebih baik. Arus tabung mempengaruhi banyaknya sinar-X yang dihasilkan.

Semakin besar arus yang diberikan maka jumlah elektron yang dilepaskan oleh katoda semakin banyak. Jumlah elektron yang menumbuk anoda semakin banyak, sehingga berkas sinar-X yang dihasilkan semakin banyak. *Slice* yang tebal menyebabkan lebih banyak sinar-X yang lewat obyek selama proses *scanning*. Artinya, lebih banyak sinyal yang masuk ke detektor dan rasio kontras terhadap *noise* yang lebih baik. Hasilnya gambar akan lebih jernih dengan resolusi kontras rendah yang lebih baik.



Gambar 6. Grafik nilai CNR (a) variasi arus tabung dan (b) variasi tebal irisan.

### KESIMPULAN

Nilai MTF masing-masing variasi arus tabung berturut-turut 0,7 line/mm; 0,7 line/mm; dan 0,8 line/mm. Nilai MTF untuk variasi tebal irisan sama yaitu 0,7 line/mm. Hasil penelitian terhadap nilai MTF masih sesuai dengan standar BAPETEN yaitu  $>0,5$  line/mm. Arus tabung yang meningkat membuat nilai MTF juga berubah sedangkan terhadap variasi tebal irisan, nilai MTF tetap. Nilai CNR terhadap variasi arus tabung sebesar 2,548; 3,016; dan 3,482 serta terhadap variasi tebal irisan diperoleh 2,308; 2,613; dan 2,735. Nilai CNR yang didapatkan sesuai dengan standar BAPETEN yaitu  $>1$ . Semakin besar arus tabung dan tebal irisan, maka semakin besar pula nilai CNR.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rozanah R, Budi WS, Arifin Z. Perbandingan Kualitas Citra CT Scan pada Protokol Dosis Tinggi dan Dosis Rendah untuk Pemeriksaan Kepala Pasien Dewasa dan Anak. *Youngster Physics Journal*. 2015;4(1): 117-126.
- [2] Hutami I. *Variasi Faktor Eksposi untuk Menentukan Kualitas Kontras Citra CT Scan pada Phantom Air*. Skripsi, Fisika, FMIPA Universitas Udayana, Bali; 2018.
- [3] Simanjuntak JN, Damanik M, Daulay ER. Optimisasi Dosis dan Kualitas Citra CT-Scan untuk Variasi Pitch sebagai Upaya Proteksi Radiasi di Rumah Sakit Umum Pusat Adam Malik Medan. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir*. 2021;1(1): 18-21.
- [4] Awwalin AR, Setiawati E, Anam C. Implementasi Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization dan Laplacian of Gaussian Filter Untuk Peningkatan Kontras Citra CT. *Berkala Fisika*. 2021;24(1): 35-43.
- [5] Riyanto S, Budi WS, Anam C. Pengaruh Arus Tabung terhadap Noise dan Kontras Citra pada Pesawat CT Scan. *Berkala Fisika*. 2019;22(3): 105-109.
- [6] Oktaviani A & Johan Y. Perbandingan Resolusi Spasial, Temporal dan Radiometrik Serta Kendalanya. *Jurnal Enggano*. 2016;1(2): 74-79.
- [7] Rachmadanti I. *Optimalisasi Faktor Eksposi pada Protokol Head Computerized Tomography Scan (Head Ct-Scan) untuk Memperoleh Resolusi Spasial Maksimal*. Skripsi, Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya; 2020.
- [8] Aichinger H, Dierker J, Joite-Barfuß S, Säbel M. *Radiation exposure and image quality in X-ray diagnostic radiology: physical principles and clinical applications*. Berlin: Springer; 2004.
- [9] Hasnani. *Analisis Resolusi Kontras Citra CT Scan Menggunakan Phantom*

- American College Of Radiology (ACR). Skripsi, Fisika, FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar; 2017.*
- [10] Dabukke H. Pengaruh Perubahan Tegangan Terhadap Kontras Resolusi pada CT Scan. *Jurnal Mutiara Elektromedik*. 2017;1(1): 24-33.
- [11] Wibowo NPE, Susilo S, Sunarno S. Uji Profisiensi Citra Hasil Eksposi Sistem Radiografi Digital di Laboratorium Fisika Medik Unnes. *Unnes Physics Journal*. 2016; 5(1): 23-29.
- [12] Sori WJ, Feng J, Godana AW, Liu S, Gelmecha DJ. DFD-Net: lung cancer detection from denoised CT scan image using deep learning. *Frontiers of Computer Science*. 2021;15(2): 1-13.
- [13] Kurniawan ANKN & Soesanti IS. Evaluasi Nilai Noise Sebelum dan Sesudah Kalibrasi sebagai Salah Satu Wujud Kinerja Pesawat CT-Scan. *In Forum Teknik*. 2010;33(3): 157-165.
- [14] Goldman LW. Principles of CT: Radiation Dose and Image Quality. *Journal of nuclear medicine technology*. 2007;35(4): 213-225.