

## Analisis Nilai CT Number (CTN) dan Kualitas Citra dari Pengaruh Variasi Tegangan dan Arus Tabung Menggunakan Pesawat CT Simulator

Nisa Amalia Ansar<sup>1</sup> Syamsir Dewang<sup>2</sup> Satrial Male<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin, Indonesia

<sup>3</sup>Instalasi Radioterapi, Rumah Sakit Tk. II Pelamonia Makassar, Indonesia

Corresponding author: Nisa Amallia Ansar

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

### ABSTRACT

**Background:** The CT simulator is an integral part of radiotherapy treatment that can determine the target location and dose planning in images. Exposure factors such as tube voltage and current are important components that affect the resulting images. This study compares the effects of varying exposure factors on CT numbers (CTN) and image quality (spatial resolution, uniformity, SNR, and CNR).

**Methods:** This study used a Catphan®604 phantom with helical image acquisition on a CT simulator to obtain images. The voltage variations were 80, 100, 120, and 135 kV. Additionally, current variations of 50, 100, 150, and 200 mA were applied at both their maximum and minimum values.

**Results:** The study results indicate that variations in voltage tend to decrease CTN values and improve image quality. Conversely, variations in current do not result in significant changes in CTN values but tend to enhance the quality of the image. The optimal values for CTN and image quality were found at 100 kV and 200 mA.

**Conclusions:** The exposure factor of voltage significantly affects changes in CTN and image quality. Conversely, tube current does not have a significant impact on CTN. As the voltage and current increase, the image quality improves, but the resulting noise also becomes greater.

Keyword: CT Simulator, CT Number, SNR, CNR, image quality.

### Pendahuluan

*Computed Tomography (CT) simulator* merupakan alat yang sangat penting dalam pengobatan radioterapi. Kegunaan dari alat ini bisa untuk menentukan lokasi target, perawatan perencanaan, dan akurasi spasial dalam pemberian dosis pada citra (Podgorsak, 2005). Dalam hal pemberian dosis, perlu diperhatikan pula posisi pada saat melakukan penyinaran. Posisi yang dilakukan sama dengan posisi pada saat dilakukan CT-scan biasa dan hal ini perlu mementingkan akurasi dan reproduksibilitas posisinya. Selain itu, terdapat pula komponen tambahan seperti *Organs At Risk* (oar) mampu menghasilkan pengobatan yang lebih tepat dan akurat (Zalokar et al., 2020).

Citra yang dihasilkan berasal dari paparan sinar-x yang berada di tabung x-ray yang diputar dan disalurkan ke seluruh tubuh. Hasil citra memiliki piksel yang mempresentasikan nilai atenuasi linear dari berkan sinar-x yang berinteraksi dengan kepadatan jaringan dan disebut sebagai CT Number atau *hounsfield unit* (HU) (AFIFI ET AL., 2020). CT Number (CTN) memiliki sifat kuantitatif yang mengacu pada

diagnosis yang lebih akurat dalam hal dimensi linear. Oleh karena itu, dapat digunakan dalam menilai volume tumor secara akurat walaupun strukturnya diketahui maupun tidak diketahui (J. Bushberg, J. Seibert, E. Leidholdt, 2002). Parameter yang mempengaruhi nilai hu, antara lain seperti arus tabung, tegangan tabung, sidang pandang, dan algoritma rekonstruksi gambar (Chand et al., 2022). Pada citra diperlukan juga suatu pengolahan citra agar diperoleh kualitas citra yang baik sehingga tidak terjadi kesalahan dalam mendiagnosa, pengolahannya seperti resolusi spasial, keseragaman nilai HU (*uniformity* HU), *Signal To Noise Ratio* (SNR), dan *Contrast To Noise Ratio* (CNR) (Tomic et al., 2018).

Resolusi spasial merupakan gambaran detail kecil pada citra (Bahrurridha et al., 2022). Semakin tipis irisan pada citra, maka nilai resolusi spasial akan semakin bagus namun memiliki nilai *noise* yang besar (Kusumaningsih et al., 2023). Salah satu metode yang digunakan dalam menentukan domain frekuensi pada resolusi spasial adalah *Modulation Transfer Function* (MTF), dimana gambaran nilainya berbentuk grafik MTF 10% yang merupakan suatu objek yang bisa dilihat

secara langsung. Jika nilai MTF yang diperoleh semakin tinggi, maka objeknya akan semakin terlihat dengan jelas (Fatimah Azhara et al., 2023). Parameter lain yang digunakan seperti *uniformity*, SNR, dan CNR menggunakan bagian fantom yang hanya berkomponen air karena untuk membuat jaringan lunak pada tubuh manusia (Mberato et al., 2023). Parameter *uniformity* merupakan kemampuan agar mempertahankan nilai hu pada objek yang memiliki nilai densitas yang sama secara konsisten. Nilai *uniformity* diperoleh dari rumusan berikut (Lestari & Heru, 2022):

$$UI=100 \times \frac{HU_{periphery} - HU_{center}}{HU_{center} + 1000} \quad (1)$$

Sementara, nilai SNR adalah penggambaran tingkat perbedaan antara sinyal dan *noise* atau standar deviasi yang diukur. Jika nilai SNR semakin besar, maka sinyal dan *noise* akan semakin mudah dibedakan (Kusumaningsih et al., 2023). Nilai SNR diperoleh dari rumus berikut (Irsal & Winarno, 2020):

$$SNR = \frac{HU_{sample}}{\sigma_{background}} \quad (2)$$

Sedangkan, CNR adalah hasil dari sebuah citra objek yang jelas berdasarkan kondisi *noise* di latar belakang (Kartika Sari et al., 2021). Nilai CNR sebanding dengan kualitas citranya, semakin tinggi nilai CNR, maka semakin baik pula hasil citra yang diperoleh (Fatimah Azhara et al., 2023). Perhitungan nilai CNR dihitung melalui rumus berikut (Irsal & Winarno, 2020):

$$CNR = \frac{HU_{sample} - HU_{bckg}}{\sigma} \quad (3)$$

Fantom *Catphan*®604 memiliki nilai standar hu yang telah ditetapkan yang ditampilkan pada tabel 1. Fantom ini memiliki irisan berbagai irisan yang bisa dianalisis, seperti dalam hal kebisingan, keseragaman, resolusi spasial, dan linearitas kontras (Anonim, 2020).

**Tabel 1.** Nilai Standar HU Pada Fantom *Catphan*®604

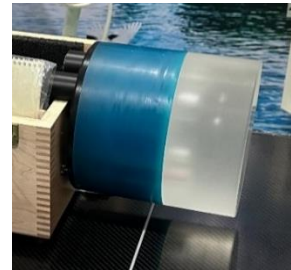
MAterial	Hounsfield unit
Air	-1046 : -986
Pmp	-220 : -172
Ldpe	-121 : -87
Polystyrene	-65 : -29
Acrylic	92 : 137
Bone 20%	211 : 263
Delrin®	344 : 367
Bone 50%	667 : 783
Teflon®	941 : 1060

Penelitian yang dilakukan oleh Afifi, dkk adalah memvariasikan faktor eksposi seperti tegangan dan arus tabung untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai hu dan RED-CT pada CT-scan (Afifi et al., 2020). Sedangkan, penelitian

yang dilakukan oleh Tomic, dkk adalah membandingkan kualitas citra dari tiga alat CT simulator dengan ukuran lubang yang berbeda (Tomic et al., 2018) Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan dengan memvariasikan faktor eksposi seperti tegangan dan arus tabung untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai hu beserta kualitas citranya pada alat CT simulator dengan menggunakan fantom *Catphan*®604.

## Metode

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radioterapi Tk.II Pelamonia MAkassar dengan menggunakan pesawat CT simulator merk *Canon Lightning Aquilion* dan fantom *Catphan*®604 (gambar 1).

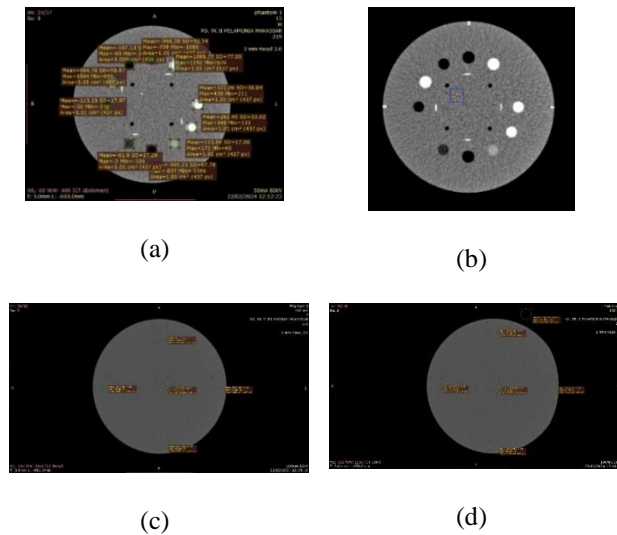


**Gambar 1.** Fantom *catphan*®604

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan tegangan dan arus tabung untuk mendapatkan nilai CTN, resolusi spasial, *uniformity*, SNR, dan CNR. Sebelum dilakukan pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan dan pemanasan terhadap pesawat agar memastikan bahwa kondisi pesawat siap untuk digunakan. Parameter variasi tegangan diatur pada 80 kV, 100 kV, 120 kV, dan 135 kV terhadap arus konstan maksimal dan minimal sebesar 50 mA dan 200 mA. Sedangkan, untuk parameter variasi arus dilakukan dengan nilai 50 mA, 100 mA, 150 mA, dan 200 mA terhadap tegangan maksimal dan minimal yang konstan sebesar 80 kV dan 135 kV. Parameter lainnya seperti tebal irisan sebesar 3 mm dan waktu rotasi yang digunakan sebesar 2 detik. Hasil citra yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan dua *software*, yaitu *indoqct* untuk mencari nilai resolusi spasial dan *radiant dicom* untuk memperoleh nilai HU, *uniformity*, SNR, dan CNR.

Pengukuran yang dilakukan untuk mencari nilai HU dilakukan dengan menggunakan *software Radiant DICOM*, pada penempatan ROI berada di 9 material yang ada di dalam fantom seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 2.a. Sementara dalam pengukuran kualitas citra yang pertama pada pengukuran resolusi spasial menggunakan *software* indoQCT dengan menempatkan ROI tepat pada bagian titik yang dikelilingi oleh 9 material seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.b. Kemudian, untuk parameter *uniformity*, SNR, dan CNR menggunakan *software* Radiant DICOM. Penempatan ROI untuk *uniformity* berada di tengah, atas, bawah, kiri, dan kanan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.c. Sedangkan penempatan ROI untuk SNR dan CNR sama dengan *uniformity*, tetapi terdapat lagi satu ROI yang berada di luar citra atau *background* seperti pada Gambar 2.d.



**Gambar 2.** Penempatan ROI untuk pengukuran (a) hu pada 9 material; (b) resolusi spasial; (c) *uniformity*; (d) SNR dan CNR

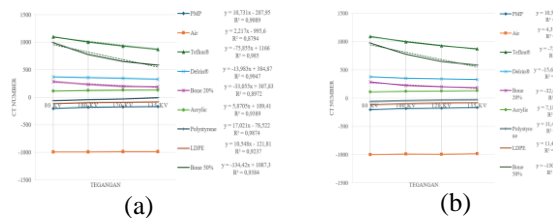
**Hasil dan Pembahasan**

**Analisis CT Number Pada Setiap Material Phantom**

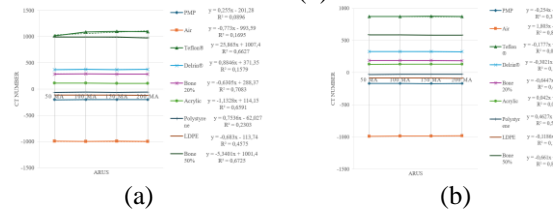
CT number merupakan nilai numerik yang ada pada setiap piksel dalam suatu citra. Nilai ini digunakan untuk menilai volume dari tumor atau diameter lesi secara akurat. Peletakan ROI berada diantara lingkaran 9 material pada fantom *Catphan@604* dengan tiga *Field Of View* (FOV) yang berbeda, yaitu -693,00 mm; -696,00 mm; dan -699,00 mm. Pengambilan data ini dengan menggunakan *software* Radiant DICOM.

Pengambilan data dilakukan dengan dua kali percobaan, pertama dengan memvariasikan tegangan tabung sebesar 80, 100, 120, dan 135 kV terhadap arus konstan sebesar 50 mA dan 200 mA. Kemudian, percobaan kedua dengan

memvariasikan arus tabung sebesar 50, 100, 150, dan 200 mA terhadap tegangan konstan sebesar 80 kV dan 135 kV. Sedangkan, untuk parameter lain seperti tebal irisan sebesar 3 mm dan waktu rotasi sebesar 2 detik. Nilai HU terhadap variasi tegangan dan arus digambarkan dalam bentuk suatu grafik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



**Gambar 3.** Hasil CTN Terhadap Variasi Tegangan (a) 80 kV dan (b) 135 kV



**Gambar 4.** Hasil CTN Terhadap Variasi Arus (a) 50 mA dan (b) 200 mA

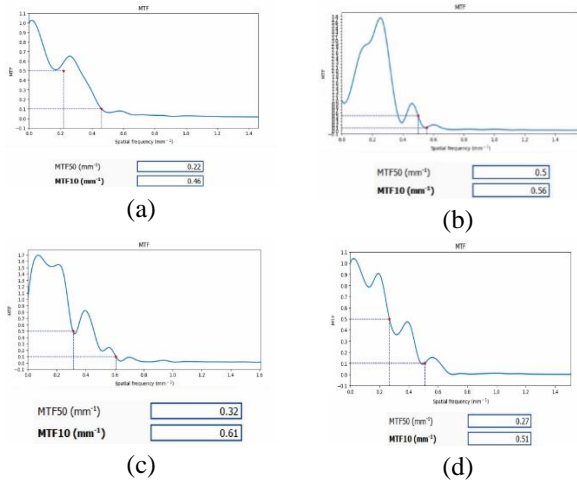
Hasil yang ditampilkan pada Gambar 3, memiliki nilai yang sesuai dengan standar hu pada fantom *Catphan@604* dalam setiap nilai material yang ada seperti yang tertera pada Tabel 1. Namun, hasil pada Gambar 4.a memiliki 4 dari 9 material yang tidak sesuai. Sedangkan, gambar 4.b hanya memiliki 1 dari 9 material yang sesuai dari standar fantom tersebut. Pengaruh dari variasi tegangan terhadap nilai HU adalah semakin tinggi nilai kV yang diberikan, maka semakin menurun nilai HU yang diperoleh. Sedangkan, pengaruh variasi arus terhadap nilai HU adalah semakin tinggi mA yang diberikan tidak terlalu mempengaruhi perubahan terhadap nilai HU pada material.

**Analisis Resolusi Spasial**

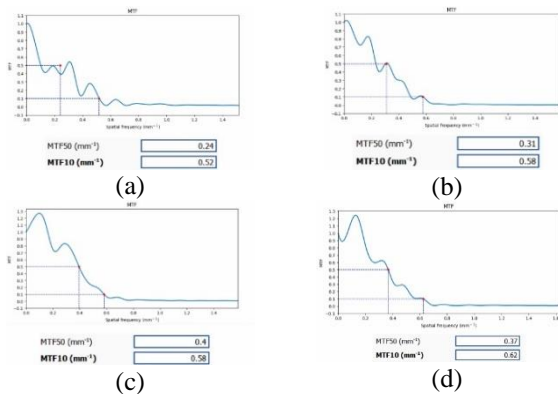
Resolusi spasial merupakan kemampuan untuk melihat suatu objek dalam meningkatkan kontras yang tinggi. Perhitungan nilainya menggunakan MTF yang menggambarkan perbandingan antara objek dan *background*. Peletakan ROI berada pada objek putih yang dikelilingi oleh sembilan material fantom. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan *software* indoQCT. Kemudian,

parameter eksposinya sama seperti percobaan sebelumnya.

Nilai MTF 10% merupakan batas objek yang dapat dilihat secara langsung. Pengukuran nilainya akan digambarkan dalam bentuk sebuah grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.a yang menampilkan variasi tegangan dan Gambar 5.b yang menampilkan variasi arus.



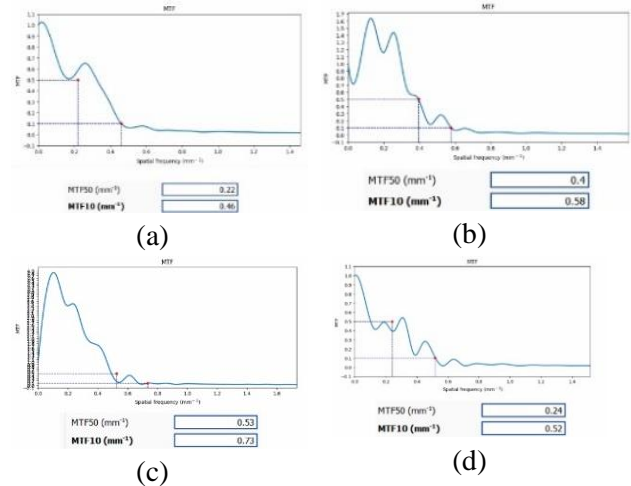
**Gambar 5.** Hasil nilai MTF dengan Variasi Tegangan Terhadap Arus Minimal 50 mA (a) 80 kV; (b) 100 kV; (c) 120 kV; dan (d) 135 kV



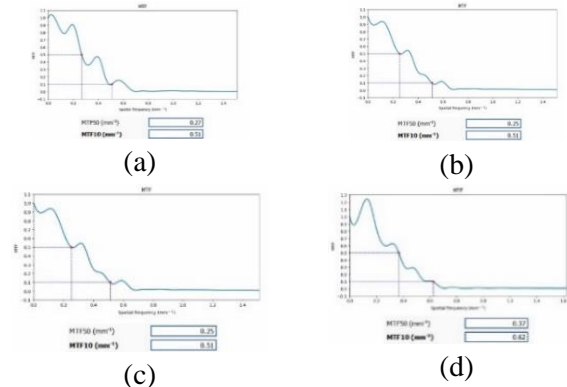
**Gambar 6.** Hasil nilai MTF dengan Variasi Tegangan Terhadap Arus Maksimal 200 mA (a) 80 kV; (b) 100 kV; (c) 120 kV; dan (d) 135 kV

Pada Gambar 5 nilai MTF 10% yang diperoleh adalah 0,46; 0,56; 0,61; dan 0,51 cycle/mm pada tegangan yang secara berurutan sebesar 80, 100, 120, dan 135 kV. Kemudian untuk grafik pada arus konstan maksimal 200 mA yang ditampilkan gambar 6, memperoleh nilai MTF 10% adalah 0,52; 0,58; 0,58; dan 0,62 cycle/mm dengan tegangan yang secara berurutan sebesar 80, 100, 120, dan 135 kV. Berdasarkan dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa semakin tinggi

nilai tegangan, maka semakin tinggi pula nilai MTF yang diperoleh. Jika nilai MTF semakin besar, maka resolusi kontras tinggi juga akan semakin membaik. Sesuai dari standar IAEA yang menyatakan bahwa nilai MTF  $\geq 0,5$  cycle/mm, hal ini dapat dinyatakan bahwa semua nilai dari variasi tegangan lolos standar IAEA.



**Gambar 7.** Hasil nilai MTF dengan variasi arus terhadap tegangan minimal 80 kV (a) 50 mA; (b) 100 mA; (c) 150 mA; dan (d) 200 mA



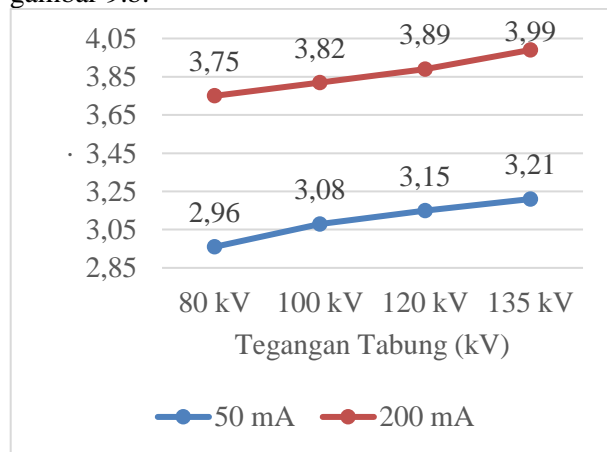
**Gambar 8.** Hasil nilai MTF dengan Variasi Arus Terhadap Tegangan Maksimal 135 kV (a) 50 mA; (b) 100 mA; (c) 150 mA; dan (d) 200 mA

Pada Gambar 7, merupakan hasil nilai MTF dari variasi arus. Pada 80 kV konstan dihasilkan nilai 0,46; 0,58; 0,73; dan 0,52 cycle/mm dan pada gambar 8, menghasilkan nilai 0,51; 0,51; 0,54; dan 0,62 cycle/mm dengan arus yang secara berurutan sebesar 50, 100, 150, dan 200 mA. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa semakin nilai arus sebanding dengan nilai MTF. Sesuai dari standar IAEA, maka dapat dikatakan bahwa nilai MTF yang diperoleh sesuai dengan standar IAEA. Hal ini menandakan pesawat

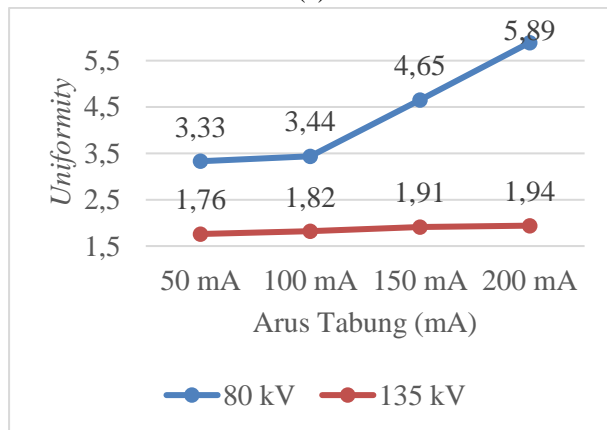
CT simulator masih mampu dalam menghasilkan resolusi spasial yang baik.

**Analisis Uniformity**

Uniformity merupakan ikatan antara satu material yang akan mempertahankan nilai ROI yang sama pada citra yang digunakan, biasanya irisan yang diambil berupa material yang berisi udara. Peletakan ROI berada di arah jam 12 (tepi atas), jam 3 (tepi kanan), jam 6 (tepi bawah), dan jam 9 (tepi kiri). Sama seperti sebelumnya, pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan tegangan yang ditunjukkan pada gambar 9.a dan variasi arus yang ditunjukkan pada gambar 9.b.



(a)



(b)

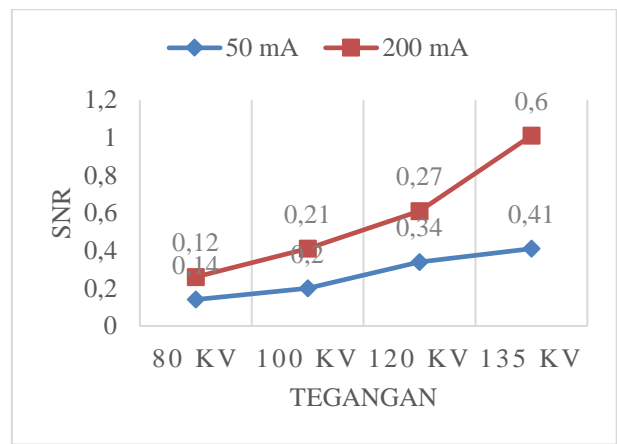
**Gambar 9.** Nilai *Uniformity* Terhadap (a) Variasi Tegangan; (b) Variasi Arus

Kedua grafik ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai tegangan dan arus yang diberikan maka semakin besar pula nilai *uniformity* yang diperoleh. Nilai dari *uniformity* ini akan disesuaikan dengan standar *International Atomic Energy Agency* (IAEA), di mana nilainya  $\pm 4$  HU. Sehingga, berdasarkan hasil yang diperoleh, maka nilai dari

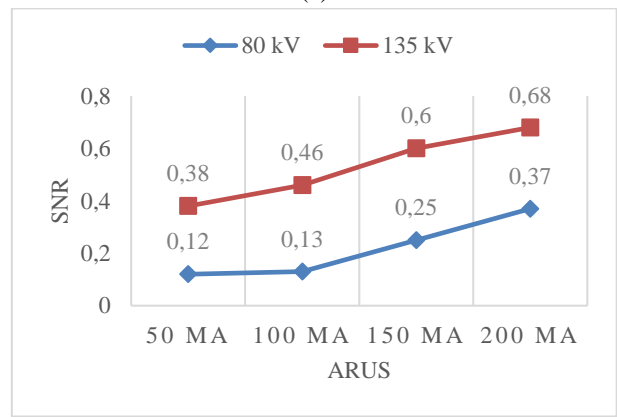
keseluruhan variasi sesuai dengan standar dari IAEA.

**Analisis Signal-to-Noise Ratio (SNR)**

*Signal to Noise Ratio* merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas citra. SNR menggambarkan tingkat perbedaan antara *noise* dan sinyal yang diukur. Semakin besar nilai SNR yang diperoleh, maka semakin mudah pula untuk dibedakan. Hasil dari nilai yang diperoleh digambarkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 10.



(a)



(b)

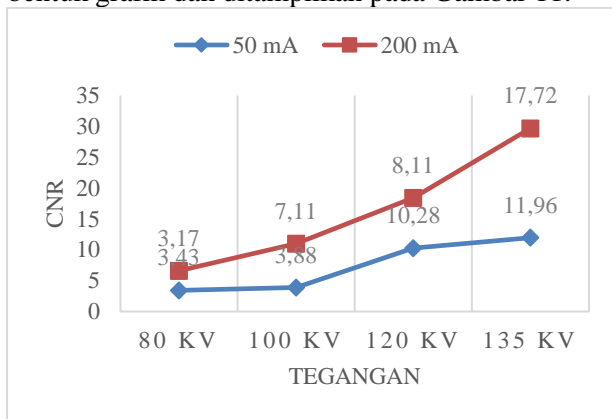
**Gambar 10.** Hasil Nilai SNR dengan (a) Variasi Tegangan dan (b) Variasi Arus

Berdasarkan hasil yang diperoleh kedua gambar memiliki nilai yang konstan naik setiap meningkatkan tegangan dan arus yang diberikan. Nilai yang tertinggi untuk variasi tegangan berada pada 135 kV dengan masing-masing arus konstan yang ditentukan, sedangkan untuk variasi arus berada pada 200 mA dengan tegangan konstan yang telah ditentukan. Hal ini menandakan bahwa kualitas citra paling bagus berada pada tegangan

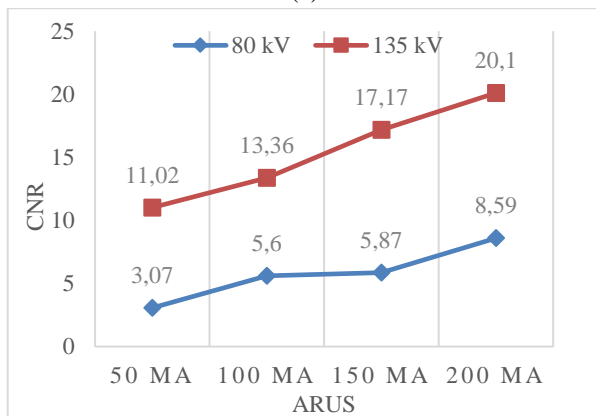
135 kV dan 200 mA, dan memiliki nilai *noise* yang kecil.

**Analisis Contrast-to-Noise Ratio (CNR)**

*Contrast to noise ratio* (CNR) merupakan kemampuan sistem dalam menilai antara sinyal dan *noise* dari latar belakang. Semakin besar nilai CNR, maka semakin mudah dalam mendiagnosis suatu citra. Pengambilan data CNR dilakukan sama seperti SNR dan berada pada irisan yang berisi udara. Hasil yang diperoleh digambarkan dalam bentuk grafik dan ditampilkan pada Gambar 11.



(a)



(b)

**Gambar 11.** Hasil Nilai CNR Pada (a) Variasi Tegangan dan (b) Variasi Arus

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa tegangan dan CNR berbanding lurus. Nilai CNR yang paling tinggi berada pada 135 kV untuk variasi tegangan dan 200 mA untuk variasi arus. Hal ini menandakan bahwa pada tegangan dan arus tersebut memiliki citra yang baik serta nilai *noise* yang kecil.

**Simpulan**

Pengaruh variasi tegangan terhadap CTN cenderung mengalami penurunan terhadap setiap material, sedangkan, untuk variasi arus tidak

terjadi perubahan yang signifikan terhadap setiap material pada fantom. Kemudian, pengaruh variasi tegangan arus dan tegangan terhadap kualitas citra dapat dikatakan bahwa semakin tinggi tegangan dan arus yang diberikan, maka hasil kualitas citra akan semakin baik. Selain itu, hasil yang diperoleh rata-rata memiliki nilai keseluruhan yang lolos uji sesuai dari standar IAEA. Walaupun, pada resolusi spasial terdapat nilai yang tidak lolos uji, seperti pada tegangan 80 kV dan arus sebesar 50 mA. Oleh karena itu, disarankan agar lebih banyak menggunakan variasi parameter agar memperoleh kualitas citra yang baik dan mempermudah dalam mendiagnosis suatu citra.

**Daftar Pustaka**

Afifi, M. B., Abdelrazek, A., Deiab, N. A., Abd El-Hafez, A. I., & El-Farrash, A. H. (2020). The effects of CT x-ray tube voltage and current variations on the relative electron density (RED) and CT number conversion curves. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 13(1), 1–11.

Anonim. (2020). *Catphan 604 Manual*. The Phantom Laboratory.

Bahrurridha, F., Suherman, P. H., & Tunggadewi, D. A. T. A. (2022). PERBANDINGAN KUALITAS CITRA PADA SOFTWARE ASiR-V DAN NON ASiR-V DENGAN MENGGUNAKAN CT-SCAN GE. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.19184/jpf.v11i1.30358>

Chand, B., Priyamvda, Kumar, M., Prasher, S., & Kumar, M. (2022). Effect of CT number to relative electron density curves acquired at different tube voltage and current on radiotherapy dose calculation. *Journal of Physics: Conference Series*, 2267(1).

Fatimah Azhara, M., Dewang, S., Dewi Astuty, S., Rosyidah, U., & Abdul Samad, B. (2023). Analisis Modulation Transfer Function (MTF) dan Contras-to-Noise Ratio (CNR) untuk Optimasi Kualitas Citra CT-Scan. *Berkala Fisika*, 26(1), 1–7.

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. <https://doi.org/10.20527/flux.v17i1.7085>

J. Bushberg, J. Seibert, E. Leidholdt, J. B. (2002). *The Essential Physics for Medical Imaging*

- 2nd Edition. Lippincott Williams & Wilkins.
- Kartika Sari, N. L., Bahagia, D. T., Hartoyo, P., & Mulyati, D. (2021). The Effects Of High Dose and Low Dose Protocols In Thorax's CT Scan Image Quality. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 11(2), 189. <https://doi.org/10.13057/ijap.v11i2.48365>
- Kusumaningsih, L. P. R., Suryatika, I. B. M., Trisnawati, N. L. P., & Irhas, R. (2023). Pengaruh Slice Thickness terhadap Signal to Noise Ratio (SNR) dari Hasil Penyinaran CT Scan di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah. *Kappa Journal*, 7(2), 326–330.
- Lestari, R., & Heru, N. (2022). Evaluasi Nilai Noise dan Uniformity Citra CT Scan Sebelum dan Setelah Kalibrasi Harian Makalah Penelitian Menyerahkan Diterima Terbit Computed Tomography ( CT ) Scan merupakan modalitas pencitraan medis yang dapat menampilkan citra tampang lintang tubuh d. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir*, 2(1), 6–12.
- Mberato, A. J. G. M., Ratini, N. N., Yuliara, I. M., & Irhas, R. (2023). Analysis of the Effect of the X-Ray Tube Current on Uniformity Image Noise Values. *Indonesian Physical Review*, 6(1), 11–19.
- Podgorsak, E. . (2005). Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students. In IAEA. IAEA.
- Tomic, N., Papaconstadopoulos, P., Aldelaijan, S., Rajala, J., Seuntjens, J., & Devic, S. (2018). Image quality for radiotherapy CT simulators with different scanner bore size. *Physica Medica*, 45, 198–204.
- Zalokar, N., Žager Marciuš, V., & Mekiš, N. (2020). Establishment of national diagnostic reference levels for radiotherapy computed tomography simulation procedures in Slovenia. *European Journal of Radiology*, 127.