

Pengaruh Variasi Arus Tabung (mA) Terhadap Kualitas Citra Pada Pesawat *Computed Tomography* (CT) Scan di RSUD Bali Mandara

I Dewa Ayu Sintiya Biantari^{1*}, Gusti Ngurah Sutapa², Ida Bagus Alit Paramarta³, I Nengah Sandi⁴, Putu Suardana⁵, Ni Komang Tri Suandayani⁶, Hendra Setiawan⁷

^{1,2,3,4,5}Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

⁷Rumah Sakit Umum Daerah Bali Mandara, Denpasar, Bali, Indonesia

Received: 19 January 2025

Revised: 24 March 2025

Accepted: 26 April 2025

Corresponding Author:

Gusti Ngurah Sutapa

sutapafis97@unud.ac.id

© 2025 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29378>

Abstract: Computed Tomography (CT) Scan is one of the essential diagnostic tools in the medical field. CT scan image quality is represented by the Signal-to-Noise Ratio (SNR) and Contrast-to-Noise Ratio (CNR). This study was conducted to understand the effect of tube current variation on image quality in CT scan examinations. The CT scan parameters were set at an X-ray tube voltage of 120 kV, an exposure time of 1 second, and tube current variations of 100 mA, 200 mA, 300 mA, 400 mA, and 500 mA. From 25 image data obtained from scanning the Tos phantom on the CT scan, data were collected on the average signal intensity of the material, the average signal intensity of the background, and the standard deviation of the background signal intensity obtained from the Region of Interest (ROI) readings on each scanned phantom image. The Pearson correlation test results between tube current and SNR values showed that the Pearson correlation coefficient for polypropylene, nylon, acrylic, delrin, and air were 0.993, 0.992, 0.993, 0.992, and 0.992, respectively. The linear regression correlation coefficient (r) for polypropylene, nylon, acrylic, delrin, and air were also 0.993, 0.992, 0.993, 0.992, and 0.992, respectively. Similarly, the Pearson correlation test results between tube current and CNR values showed that the Pearson correlation coefficient for polypropylene, nylon, acrylic, delrin, and air were 0.992, 0.992, 0.993, 0.992, and 0.992, respectively. The linear regression correlation coefficient (r) for polypropylene, nylon, acrylic, delrin, and air were also 0.992, 0.992, 0.993, 0.992, and 0.992, respectively. These results indicate that for all phantom materials, the tube current value has a strong positive correlation with both SNR and CNR. The SNR and CNR values increase linearly with increasing tube current, suggesting that a higher tube current can improve CT scan image quality.

Keywords: CT-Scan; Tube Current; Image Quality; SNR; CNR.

Pendahuluan

Computed Tomography (CT) Scan merupakan salah satu alat diagnostik medis yang penting dalam dunia kedokteran (Seeram, 2018). CT-Scan digunakan untuk mendapatkan detail citra dari struktur internal tubuh manusia melalui citra yang dihasilkan. Kualitas

citra CT-Scan sangat membantu dokter atau tenaga medis dalam mendiagnosis penyakit dan perencanaan tindakan perawatan, oleh karena itu menghasilkan citra CT-Scan dengan kualitas tinggi menjadi tantangan bagi tenaga medis yang melakukan pengambilan citra menggunakan pesawat CT-Scan (Hutami dkk., 2021).

How to Cite:

Biantari, I. D. A. S., Sutapa, G. N., Paramarta, I. B. A., Sandi, I. N., Suardana, P., Suandayani, N. K. T., & Setiawan, H. (2025). Pengaruh Variasi Arus Tabung (mA) Terhadap Kualitas Citra Pada Pesawat *Computed Tomography* (CT) Scan di RSUD Bali Mandara. *Kappa Journal*, 9(1), 82-87. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29378>

Pesawat CT-Scan merupakan salah satu alat yang dapat mencitrakan obyek 3D yang memanfaatkan radiasi pengion berupa sinar-X. Pemanfaatan CT-Scan saat ini lebih banyak digunakan dibandingkan dengan alat pencitraan konvensional, misalnya seperti pesawat sinar-X. Pemeriksaan dengan CT-Scan akan lebih banyak mendeteksi kelainan pada organ tubuh manusia dibandingkan alat *imaging* konvensional. Selain hal tersebut, citra yang dihasilkan tidak tumpang tindih sehingga citra yang diperoleh tidak hanya tegak lurus bidang saja, tetapi juga dapat diperoleh secara *axial* (bidang transversal tubuh), *sagittal* (membagi tubuh menjadi bagian kanan dan kiri), dan *coronal* (membagi tubuh menjadi bagian depan dan belakang), sehingga semakin mempermudah pemeriksaan (Meilinda dkk, 2014).

Kualitas citra CT-Scan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti resolusi spasial, resolusi kontras, noise, dan artefak (Kusumaningsih dkk., 2023). Kualitas citra pada CT-Scan juga tergantung pada produksi sinar-X yang dipengaruhi oleh faktor eksposi seperti seperti, arus tabung (mA), waktu eksposi (s) dan tegangan tabung (kV). Tegangan tabung dan arus sinar-X merupakan parameter pembangkit sinar-X, sehingga berpengaruh pada intensitas radiasi yang diterima pasien. Tegangan berpengaruh pada daya tembus sinar-X untuk melewati suatu bahan, dan arus tabung sinar-X berpengaruh pada banyaknya sinar-X yang diterima oleh pasien. Nilai arus tabung identik dengan jumlah dosis radiasi yang diberikan pada saat pembentukan citra. Pengurangan dosis radiasi sebanding dengan pengurangan nilai arus tabung. Di sisi lain, nilai arus tabung yang lebih besar akan menghasilkan gambar yang lebih bagus dan mengurangi *noise* yang dapat dilihat dalam bentuk bintik-bintik pada citra.

Kualitas citra CT-Scan digambarkan dengan nilai *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan nilai *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR). Perbandingan antara sinyal citra dan tingkat noise pada citra diukur oleh SNR, sedangkan perbandingan antara kontras citra dan tingkat noise pada citra diukur oleh CNR (Satwika dkk., 2021). Semakin besar nilai SNR dan nilai CNR, kualitas citra yang dihasilkan semakin baik (Hutami dkk., 2021; Kusumaningsih dkk., 2023).

Adapun beberapa penelitian terkait dengan kualitas citra yang dilakukan oleh Dewi dkk (2022) tentang *Effect of X-Ray Tube Voltage Variation to Value of Contrast-to-Noise Ratio (CNR) on Computed Tomography (CT) Scan at RSUD Bali Mandara* menunjukkan bahwa semakin besar tegangan tabung sinar-X, nilai CNR semakin tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Kusumaningsih dkk (2023), tentang Pengaruh *Slice Thickness Terhadap Signal-to-Noise Rasio (SNR) Dari Hasil Penyinaran CT-Scan di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah*, yang menunjukkan bahwa semakin besar *slice*

thickness maka nilai SNR semakin meningkat dan kualitas citra semakin baik.

Berdasarkan latar belakang di atas, terlihat bahwa diperlukannya pemilihan arus tabung sinar-X (mA) yang tepat pada pemeriksaan CT-Scan agar diperoleh kualitas citra yang optimal dengan dosis serendah mungkin, tetapi dengan tegangan tabung sinar-X (kV) tetap dan waktu eksposi tetap. Oleh karena itu, pada penelitian ini mengangkat judul Pengaruh Variasi Arus Tabung (mA) Terhadap Kualitas Citra Pada Pesawat *Computed Tomography (CT) Scan* Di RSUD Bali Mandara.

Metode

Penelitian ini dilakukan di RSUD Bali Mandara Denpasar, Bali. Alat dan bahan yang digunakan adalah pesawat CT-Scan merek Canon tipe Aqualion LB dengan nomor seri 65654-49, *Phantom* model *Tos* dengan merek Canon yang didalamnya terdapat enam material yang masing-masing mempunyai kemiripan dengan organ tubuh manusia seperti, polipropilena sebagai pengganti lemak, nilon sebagai pengganti jaringan lunak, akrilik sebagai pengganti tulang rawan, derlin sebagai pengganti tulang, udara sebagai pengganti ruang hampa dalam tubuh dan air sebagai cairan yang ada pada tubuh (Dewi, 2022). Variabel yang digunakan pada penelitian ini ada tiga yaitu, Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi arus tabung dengan variasi 100mA, 200mA, 300mA, 400mA dan 500mA, Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah nilai *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR) dan nilai *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). Dan variabel kontrol pada penelitian ini adalah tegangan tabung yang ditetapkan sebesar 120kV dan waktu eksposi ditetapkan selama 1 detik.

Prosedur pada penelitian ini dimulai dengan diersiapkan alat dan bahan berupa CT-Scan dan *phantom*, pesawat CT-Scan dihidupkan dan dilakukan *warming up*, *Phantom* dipasang pada ujung meja pemeriksaan, atur posisi *phantom* tepat pada pertengahan *gantry* pesawat dengan menggunakan bantuan indikator laser horizontal dan vertikal, Ruang CT-Scan dipastikan sudah tertutup rapat dan tidak ada orang didalamnya, Dilakukan *scanning* untuk mengetahui area yang akan di *scan*, lakukan pengaturan besar faktor eksposi dengan parameter arus tabung sebesar 100mA, 200mA, 300mA, 400mA dan 500mA waktu *ekspos* sebesar 1 detik, tegangan tabung sebesar 120 Kv, Dilakukan *scanning* terhadap *phantom* tersebut, setelah mendapatkan citra hasil *scanning*, lakukan ROI sebanyak 5 kali untuk setiap variasi arus tabung terhadap ke-5 material (udara, derlin, akrilik, nilon, dan polipropilena) serta *beackground* ($\bar{\sigma}_{bg}$) pada setiap citra, digunakan komputer kendali lalu luas ROI disesuaikan dengan besar ukuran masing-masing material hingga

memperoleh nilai rata-rata intensitas sinyal material ($\bar{X}_{ob}$) dan nilai rata-rata intensitas sinyal background ($\bar{X}_{bg}$), serta nilai standar deviasi intensitas sinyal background ($\bar{\sigma}_{bg}$). Kemudian, nilai $\bar{X}_{ob}$, $\bar{X}_{bg}$ dicatat dan $\bar{\sigma}_{bg}$ yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai SNR dan CNR. Setelah itu, dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh arus tabung terhadap kualitas citra. Dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 (Anggarani dkk., 2023):

$$SNR = \frac{|\bar{X}_{ob}|}{|\bar{\sigma}_{bg}|} \quad (1)$$

Keterangan:

$\bar{X}_{ob}$: nilai rata-rata intensitas sinyal materi

$\bar{\sigma}_{bg}$: nilai standar deviasi dari daerah *noise* (*background*)

$$CNR = \frac{|\bar{X}_{ob} - \bar{X}_{bg}|}{\bar{\sigma}_{bg}} \quad (2)$$

Keterangan:

$\bar{X}_{ob}$: nilai rata-rata intensitas sinyal materi

$\bar{X}_{bg}$: nilai rata-rata intensitas sinyal *background*

$\bar{\sigma}_{bg}$: nilai standar deviasi dari daerah *noise* (*background*)

Protokol kepala dan perut orang dewasa nilai CNR harus lebih besar dari 1,0, untuk protokol perut anak-anak harus lebih besar dari 0,4 (Anggarani dkk., 2023). Hubungan antara CNR dan kualitas diagnostik citra radiografi adalah citra yang menunjukkan nilai CNR yang tinggi akan mudah untuk di diagnosis, sedangkan citra yang memiliki tingkat CNR rendah tidak dapat di diagnosis (Wibowo dkk., 2016).

Hasil dan Pembahasan

Pada pelaksanaan penelitian ini di lakukan pengambilan data berupa data primer. Data yang diperoleh sebanyak 25 data berupa citra dari hasil *scanning phantom* Tos dengan menggunakan pesawat CT-Scan dengan tegangan tabung sebesar 120 kV, waktu eksposi selama 1 detik serta variasi arus tabung sebesar 100 mA, 200 mA, 300 mA, 400 mA dan 500 mA.

Hasil dari *scanning phantom* akan diperoleh data berupa nilai rata-rata intensitas sinyal material ($\bar{X}_{ob}$), nilai rata-rata intensitas sinyal *background* ($\bar{X}_{bg}$), serta nilai standar deviasi intensitas sinyal *background* ($\bar{\sigma}_{bg}$) yang diperoleh dari hasil pembacaan ROI pada masing-masing citra hasil *scanning phantom*. Salah satu hasil

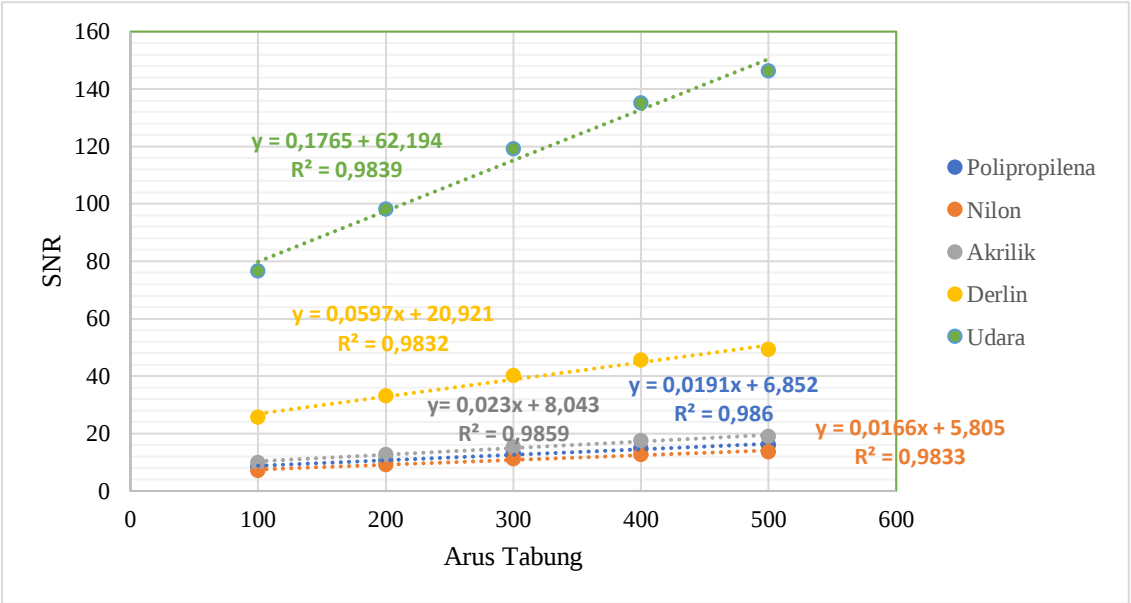
pembacaan ROI pada citra *phantom* dengan arus tabung 100 mA ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembacaan ROI pada kuat arus 100 mA citra *phantom*

Hasil pembacaan ROI pada citra *phantom* diperoleh data berupa nilai rata-rata intensitas sinyal material ($\bar{X}_{ob}$), nilai rata-rata intensitas sinyal *background* ($\bar{X}_{bg}$), dan nilai standar deviasi intensitas sinyal *background* ($\bar{\sigma}_{bg}$), dimana nilai-nilai tersebut yang akan digunakan untuk menghitung nilai SNR dan CNR dengan menggunakan persamaan 1 dan 2.

Dapat dilihat dari hasil perhitungan nilai SNR dan CNR selanjutnya akan dibuat grafik regresi linier untuk mengetahui efek variasi arus tabung terhadap nilai SNR dan CNR pada setiap material ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

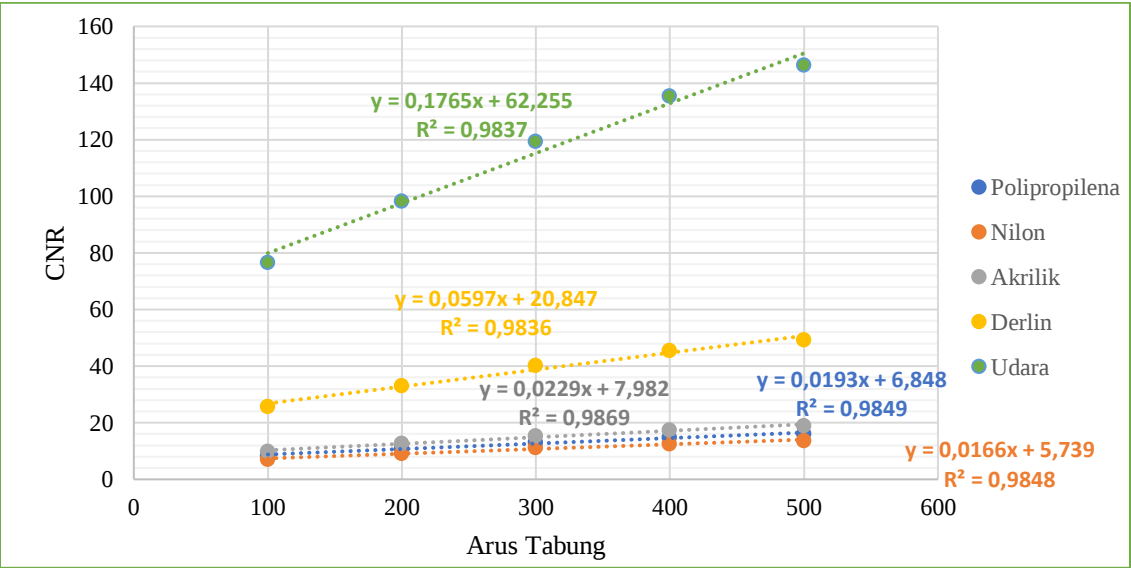


Gambar 2. Grafik hubungan antara nilai arus tabung dengan SNR pada setiap material.

Pada Gambar 2, tampak bahwa variasi nilai arus tabung berpengaruh terhadap nilai SNR, yang mana tingkat korelasi ditunjukkan oleh koefisien korelasi regresi (r) persamaan regresi linear korelasi SNR dari setiap material sebagai fungsi arus tabung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 : Persamaan regresi linier korelasi SNR sebai fungsi arus tabung

Material	y	R ²	$r = \sqrt{R^2}$	Tingkat korelasi
Polipropilena	$0,0191x + 6,852$	0,986	0,993	Sangat kuat
Nilon	$0,0166x + 5,805$	0,9833	0,992	Sangat kuat
Akrilik	$0,023x + 8,043$	0,9859	0,993	Sangat kuat
Derlin	$0,0597x + 20,921$	0,9832	0,992	Sangat kuat
Udara	$0,1765x + 62,194$	0,9839	0,992	Sangat kuat



Gambar 3. Grafik hubungan antaranilai aeus tabungdengan CNR pada setiap material

Pada Gambar 3, tampak bahwa variasi nilai arus tabung berpengaruh terhadap nilai SNR, yang mana tingkat korelasi ditunjukkan oleh koefisien korelasi

regresi (*r*) persamaan regresi linear korelasi SNR dari setiap material sebagai fungsi arus tabung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 : Persamaan regresi linier korelasi CNR sebai fungsi arus tabung

Material	SNR	R ²	$r = \sqrt{R^2}$	Tingkat korelasi
Polipropilena	0,0193x + 6,848	0,9849	0,992	Sangat kuat
Nilon	0,0166x + 5,739	0,9848	0,992	Sangat kuat
Akrilik	0,0229x + 7,982	0,9869	0,993	Sangat kuat
Derlin	0,0597x + 20,847	0,9836	0,992	Sangat kuat
Udara	0,1765x + 62,255	0,9837	0,992	Sangat kuat

Berdasarkan Gambar. 2 dan Gambar. 3 dapat dilihat jika nilai SNR dan CNR tertinggi di peroleh dari material udara dengan arus tabung 500mA dan terrendah pada material nilon dengan arus tabung 100mA. Hasil yang diperoleh sama dengan hasil penelitian yang dilakukan Hutami (2021), dimana dari hasil penelitian tersebut nilai CNR dan SNR tertinggi di peroleh pada material udara dan terrendah pada material nilon.

Pada Gambar. 2 menunjukkan persamaan regresi linier dengan persamaan regresi $y = mx + c$, nilai *y* menunjukkan nilai SNR, nilai *x* menunjukkan nilai arus tabung, nilai *m* menunjukkan gradien persamaan regresi, dan nilai *c* menunjukkan konstanta. Besarnya nilai *m* menunjukkan dua hal yaitu arah hubungan positif atau negatif. Persamaan regeresi linier korelasi SNR sebagai fungsi arus tabung yang ditunjukkan pada Tabel. 1. Koefisien korelasi (*r*) pada material polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara berturut turut diperoleh sebesar, 0,993, 0,992, 0,993, 0,992 dan 0,992 dimana koefisen korelasinya lebih besar dari 0,08 berarti terdapat hubungan yang sangat kuat antara nilai arus tabung dengan nilai SNR (Papageorgius, 2022). Dan nilai koefisien determinasi (*R*²) pada material polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara berturut turut diperoleh sebesar 0,986, 0,9883, 0,9859, 0,9832 dan 0,9839 artinya terdapat efek yang sangat kuat antara arus tabung dengan nilai SNR pada setiap material, nilai arus tabung akan mempengaruhi nilai SNR pada setiap material sebesar 98%. Koefisien regresi yang bernilai positif menunjukkan semakin tinggi penggunaan arus tabung maka semakin tinggi nilai SNR pada material setiap material yang dihasilkan.

Pada Gambar. 3 menunjukkan persamaan regresi linier dengan persamaan regresi $y = mx + c$, nilai *y* menunjukkan nilai CNR, nilai *x* menunjukkan nilai arus tabung, nilai *m* menunjukkan gradien persamaan regresi, dan nilai *c* menunjukkan konstanta. Besarnya nilai *m* menunjukkan dua hal yaitu arah hubungan positif atau negatif. Persamaan regeresi linier korelasi CNR sebagai fungsi arus tabung yang ditunjukkan pada

Tabel. 2. Koefisien korelasi (*r*) pada material polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara berturut turut diperoleh sebesar, 0,992, 0,992, 0,993, 0,992 dan 0,992 dimana koefisen korelasinya lebih besar dari 0,08 berarti terdapat hubungan yang sangat kuat antara nilai arus tabung dengan nilai SNR (Papageorgius, 2022). Dan nilai koefisien determinasi (*R*²) pada material polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara berturut turut diperoleh sebesar 0,949, 0,9848, 0,9869, 0,9836 dan 0,9837 artinya terdapat efek yang sangat kuat antara arus tabung dengan nilai CNR pada setiap material, nilai arus tabung akan mempengaruhi nilai CNR pada setiap material sebesar 98%. semakin tinggi penggunaan arus tabung maka semakin tinggi nilai pada setiap material nilon yang dihasilkan.

Pada hasil penelitian ini, terdapat efek antara nilai arus tabung terhadap nilai SNR dan CNR, di mana semakin tinggi nilai arus tabung maka akan menghasilkan nilai SNR dan CNR yang semakin tinggi. Menurut Kusumaningsih, dkk (2023) dan Hutami, dkk (2021), nilai SNR dan CNR mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kualitas citra, di mana nilai SNR dan CNR yang tinggi menghasilkan kualitas citra CT-Scan semakin baik.

Menurut Noveranty, dkk (2024), semakin tinggi nilai arus tabung maka *nois* dalam citra akan semakin berkurang dan akan meningkatkan nilai SNR dan CNR begitu juga sebaliknya, semakin rendah nilai arus tabung maka *nois* dalam citra akan semakin meningkat dan nilai SNR dan CNR akan semakin kecil.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh hasil koefisien korelasi *pearson* antara arus tabung dengan nilai SNR secara berturut-turut, polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara sebesar 0,993, 0,992, 0,993, 0,992, dan 0,992, dan koefisien korelasi regresi linear (*r*) untuk polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara berturut-turut sebesar ,993, 0,992, 0,993, 0,992 dan 0,992. Dari hasil pengujian korelasi *pearson* antara nilai arus tabung terhadap nilai CNR menunjukkan bahwa

koefisien korelasi *pearson* untuk polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara berturut-turut sebesar 0,992, 0,992, 0,993, 0,992, dan 0,992, dan koefisien korelasi regresi linear (*r*) untuk polipropilena, nilon, akrilik, derlin dan udara sebesar 0,992, 0,992, 0,993, 0,992, dan 0,992. Hal ini menunjukkan semua material phantom berkorelasi kuat dan berbanding lurus baik terhadap nilai SNR maupun CNR. Nilai SNR dan CNR bertambah secara linier dengan bertambahnya nilai arus tabung. Ini memberi indikasi bahwa semakin besar nilai arus tabung maka kualitas citra yang di hasilkan akan semakin bagus.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar besarnya kepada kesua orang tua yang sudah mendukung pilihan yang saya ambil, Dosen pembimbing saya yaitu Bapak Ngurah Sutapa dan Bapak Alit Paramarta yang sudah membimbing dan membantu saya dalam penulisan tugas akhir saya dan untuk semua jajarannya Dosen Fisika Universitas Udayana yang telah membimbing dan mengajarkan saya dari awal semester hingga saya lulus.

Daftar Pustaka

- Anggarani, N. K. N., Suryatika, I. B. M., dan Sutapa, G. N. (2023). Effect of Slice Thickness Variation on Spatial Resolution of CT-Scan Device Images at the Bali Mandara Hospital Radiology Installation. *Asian Journal of Medicine and Health*, 21(10), 263–268.
<https://doi.org/10.9734/ajmah/2023/v21i10901>.
- Dewi, P. S., Ratini, N. N., dan Trisnawati, N. L. P. (2022). Effect of X-ray Tube Voltage Variation to Value of Contrast to Noise Ratio (CNR) on Computed Tomography (CT) Scan at RSUD Bali Mandara. *International journal of physical sciences and engineering*, 6(2), 82–90.
<https://doi.org/10.53730/ijpse.v6n2.9656>.
- Hutami, . A. P. A., Sutapa, G. N., and Paramarta, I. B. A. (2021). Analisis Pengaruh Slice Thickness Terhadap Kualitas Citra Pesawat CT Scan Di RSUD Bali Mandara. *Buletin Fisika*, 22(2), 77–83.
<https://doi.org/10.24843/BF.2021.v22.i02.p04>.
- Kusumaningsih, L. P. R., Suryatika, I. B. M., Trisnawati, N. L. P., dan 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.
<https://doi.org/10.29408/kpj.v7i2.7675>.
- Meilinda, T., Hidayanto, E., Arifin, Z. 2014. Pengaruh Perubahan Faktor Eksposi Terhadap Nilai CT Number. *Youngster Physics Journal*. Vol 3, No. 3: 269-278.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/bfd/article/view/5945>
- Noveranty, A., Purwaningsih, S., & Fendriani, Y. (2024). 35155-Article Text-108444-1-10-20240805. 9(3), 53–59.
<https://onlinejournal.unja.ac.id/jop/article/view/35155>
- Papageorgiou, S. N. (2022). On Correlation Coefficients and Their Interpretation. *Journal of Orthodontics*, 49(3), 359–361.
<https://doi.org/10.1177/14653125221076142>.
- Satwika, L. G. P., Ratini, N. N., dan Maghfirotul, I. (2021). Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X terhadap Signal to Noise Ratio (SNR) dengan Penerapan Anode Heel Effect menggunakan Stepwedge. *Buletin Fisika*, 22(1), 20–28.
<https://doi.org/10.24843/BF.2021.v22.i01.p04>.
- Seeram, E. (2018). Computed Tomography: A Technical Review. *Radiologic technology*, 89(3), 279CT–302CT.
- Wibowo, N. P. E dan Sunarno. 2016. Uji Profisiensi Citra Hasil Eksposi Sistem Radiografi Digital di Laboratorium Fisika Medik Unnes. *Unnes Physics Journal*. Vol. 1, No. 2: 527-539.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>.