

Pengaruh Tegangan terhadap Nilai $CTDI_{vol}$, $Dose Length Product$ dan Dosis Efektif pada Pemeriksaan *Computed Tomography* (CT) Abdomen: Studi di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. M. Djamil

Fulki Fiarka¹, Sri Oktamuliani^{1*}, Nunung Nuraeni²

¹)Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

²) PRTKMMN BRIN, Pasar Jum'at, Lebak Bulus, Jakarta Selatan

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 17 Mei 2023

Direvisi: 7 Juli 2023

Diterima: 11 Agustus 2023

Kata kunci:

$CTDI_{vol}$

CT Scan

DLP

dosis efektif

tegangan

Keywords:

$CTDI_{vol}$

CT Scan

DLP

effective dose

voltage

Penulis Korespondensi:

Sri Oktamuliani

Email:

srioktamuliani@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dampak variasi tegangan pada dosis radiasi yang diterima oleh pasien yang menjalani pemeriksaan *Computed Tomography* (CT) abdomen menggunakan mesin pemindai Philips 128 slice. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi hubungan antara tegangan, *Computed Tomography Dose Index Volume* ($CTDI_{vol}$), *Dose Length Product* (DLP), dan dosis efektif pada organ gonad pasien. Sampel terdiri dari 20 pasien dengan postur tubuh normal yang menjalani pemeriksaan CT abdomen, dengan variasi tegangan sebesar 100 kV dan 120 kV. Temuan penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata $CTDI_{vol}$ adalah $(72,028 \pm 18,88)$ mGy dan DLP diukur sebesar $(3369,06 \pm 1036,70)$ mGy.cm. Selain itu, dosis efektif yang diserap organ gonad sebesar $(6,8011 \pm 2,30)$ mSv. Terdapat peningkatan yang signifikan secara statistik dalam $CTDI_{vol}$, DLP, dan dosis efektif dengan peningkatan variasi tegangan. Hubungan ini didukung oleh P -value $< 0,05$, menunjukkan signifikansi statistiknya. Hasil ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan pengaturan tegangan dalam mengoptimalkan protokol pemeriksaan CT untuk menjaga keselamatan pasien. Dengan memahami pengaruh tegangan pada dosis radiasi, para profesional kesehatan dapat mengadopsi strategi untuk meminimalkan paparan radiasi pada pemeriksaan CT abdomen.

This study aimed to investigate the impact of voltage variation on the radiation dose received by patients undergoing abdominal computed tomography (CT) scans using Philips 128 slice scanners. The research evaluated the relationship between voltage, Computed Tomography Dose Index Volume ($CTDI_{vol}$), Dose Length Product (DLP), and the effective dose on the patients' gonadal organs. A sample of 20 patients with normal body posture underwent abdominal CT examinations, with voltage variations of 100 kV and 120 kV. The study findings showed that the mean $CTDI_{vol}$ was (72.028 ± 18.88) mGy, and The DLP was measured at (3369.06 ± 1036.70) mGy.cm. Additionally, the effective dose for gonadal organs was calculated to be (6.8011 ± 2.30) mSv. There was a statistically significant increase in $CTDI_{vol}$, DLP, and effective dose with increasing voltage variation. This relationship was supported by a P -value $< 0,05$, signifying its statistical significance. These findings highlight the importance of considering voltage settings in optimizing CT scan protocols to ensure patient safety. By understanding the influence of voltage on radiation dose, healthcare professionals can adopt strategies to minimize radiation exposure in abdominal CT examinations.

Copyright © 2023 Author(s). All rights

I. PENDAHULUAN

Computed Tomography (CT) *scan* merupakan salah satu teknologi penting di bidang radiologi yang menggunakan radiasi sinar-X. *CT scan* menggunakan radiasi sinar-X yang termasuk dalam radiasi pengion yaitu radiasi yang dapat mengionisasi atom-atom atau materi yang dilewatinya. *CT scan* memungkinkan pembuatan gambar penampang tubuh yang detail dan akurat, serta memungkinkan visualisasi organ-organ dan struktur tubuh dalam tiga dimensi. Keunggulan *CT scan* adalah kemampuannya dalam mendiagnosis berbagai kondisi penyakit secara non-invasif, serta memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai organ-organ dan pembuluh darah (Curry dkk., 1990). Tabung sinar-X yang digunakan dalam *CT scan* modern memiliki rentang daya antara (20-60) kW pada tegangan (80-140) kV (Blanke dkk., 2010).

Faktor eksposi *CT scan*, seperti tegangan tabung, arus tabung, dan waktu penyinaran memiliki peran penting dalam menentukan dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Variasi tegangan tabung berpengaruh terhadap nilai *Computed Tomography Dose Index Volume* ($CTDI_{vol}$) yang menggambarkan dosis radiasi yang dihasilkan oleh *CT scan* (Fitriana dan Utami, 2021). Selain itu, variasi arus paparan rotasi juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai $CTDI_{vol}$, karena jumlah sinar-X yang dihasilkan tergantung pada arus paparan rotasi (Nurhayati dkk., 2019). Pada *CT scan* modern, teknik *Tube Current Modulation* (TCM) digunakan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi dosis radiasi yang diterima oleh pasien dan meningkatkan kualitas citra. Teknik TCM secara otomatis mengatur parameter arus tabung (mAs) berdasarkan ketebalan objek yang dipindai, sehingga dosis radiasi yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan efisiensi yang lebih baik (Irsal dkk., 2021). $CTDI_{vol}$ memberikan estimasi dosis radiasi pada awal pemindaian, sementara *Dose Length Product* (DLP) memberikan gambaran total energi yang diserap oleh tubuh pasien sepanjang pemindaian. (AAPM, 2008).

Penelitian tentang hubungan tegangan dengan arus paparan pada *CT scan* telah dilakukan sebelumnya, Gharbi dkk. (2018) mendapatkan bahwa peningkatan tegangan tabung dan arus paparan sebanding dengan dosis keluaran *CT scan*. Irsal dan Winarno (2020) mendapatkan bahwa peningkatan arus paparan juga berdampak pada peningkatan dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Namun, penelitian mengenai pengaruh variasi tegangan terhadap arus keluaran, estimasi dosis keluaran *CT scan*, dan dosis efektif organ gonad pasien pada pemeriksaan abdomen masih perlu dilakukan. Organ gonad yang sensitif terhadap radiasi dan terletak di dekat abdomen perlu mendapatkan perhatian khusus terkait dosis radiasi yang diterimanya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh variasi tegangan terhadap arus keluaran *CT scan*, estimasi dosis keluaran, dan dosis efektif yang diterima oleh organ gonad pada pasien yang menjalani pemeriksaan abdomen.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan *CT scan* merek Philips 128 *slice* yang tersedia di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. M. Djamil Kota Padang. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 20 pasien yang menjalani pemeriksaan *CT scan* abdomen di rumah sakit tersebut. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan kaji etik untuk menggunakan data pasien *CT scan* abdomen yang sesuai dengan aturan dan regulasi yang berlaku di RSUP Dr. M. Djamil dengan No. Dokumen LB.02.02/5.7/53/2023.

Pasien yang menjadi subjek penelitian ini adalah mereka yang menjalani pemeriksaan abdomen menggunakan *CT Scan*. Penyinaran menggunakan variasi tegangan dengan 10 pasien menggunakan tegangan 100 kV dan 10 pasien lainnya menggunakan tegangan 120 kV. Tegangan yang divariasikan sesuai dengan protokol pemeriksaan abdomen menggunakan *CT scan* di RSUP Dr. M. Djamil yaitu dengan tegangan 100 kV dan 120 kV. *CT scan* menggunakan metode aksial dengan prinsip kerjanya, tabung sinar-X dan detektor bergerak mengelilingi pasien untuk mengumpulkan data proyeksi pasien (Wahyuni dan Amalia, 2022).

Tahapan awal pengambilan data dimulai dari pengaktifan alat sumber radiasi yaitu *CT Scan* dan dilakukan penyinaran menggunakan radiasi sinar-X dengan memperhatikan rentang parameter *CT scan* (tegangan tabung, arus waktu, $CTDI_{vol}$ dan *DLP*). Dalam penelitian ini, dilakukan estimasi dosis radiasi yang diterima oleh pasien *CT scan* abdomen berdasarkan nilai $CTDI_{vol}$ dan gambaran total energi yang diterima oleh tubuh pasien dicatat dari nilai *DLP* untuk setiap variasi tegangan yang diberikan. Nilai arus waktu, $CTDI_{vol}$ dan *DLP* ditampilkan pada *resume* pemeriksaan pasien yang dapat diakses setelah pemeriksaan selesai. Kemudian, dilakukan analisis regresi linear untuk mengetahui pengaruh antara arus

waktu dan nilai $CTDI_{vol}$. Uji regresi linear dilakukan pada nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP untuk mengidentifikasi adanya hubungan antara kedua parameter tersebut.

Penerimaan dosis radiasi yang diterima oleh organ gonad pasien diukur menggunakan TLD-100. TLD-100 adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi dengan cara menempelkannya pada organ gonad pasien. TLD-100 akan menyerap dosis radiasi yang diterima oleh pasien selama proses pemindaian $CT scan$ abdomen. Setelah proses pemindaian selesai, dosis radiasi yang diserap oleh TLD-100 kemudian dibaca menggunakan TLD reader (Harshaw 3500). Pada TLD reader, dilakukan pembacaan dua kali, yaitu bacaan pertama yang merupakan intensitas TL_{total} dan bacaan kedua yang merupakan intensitas TL_{latar} . Nilai TL_{bersih} dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$TL_{bersih} = TL_{total} - TL_{latar} \quad (1)$$

TL_{bersih} dikalikan dengan F_K (faktor kalibrasi) yang bernilai 0,0928 dan F_{KE} (faktor koreksi energi) yang nilainya pada tegangan 120 kV = 1,0797 dan pada tegangan 100 kV = 1,0506 untuk mendapatkan nilai (D) dosis serap menggunakan Persamaan (2).

$$D = TL_{bersih} \times F_K \times F_{KE} \quad (2)$$

Untuk menentukan nilai dosis efektif, diawali dengan perhitungan $H_{T,R}$ (dosis ekuivalen). Dosis ekuivalen diperoleh dengan mengalikan W_R (faktor bobot radiasi) dan $D_{T,R}$ (dosis serap) seperti Persamaan (3).

$$H_{T,R} = W_R \times D_{T,R} \quad (3)$$

Faktor bobot radiasi yang digunakan adalah radiasi sinar-X yang bernilai satu. Selanjutnya H_T (dosis ekuivalen) dikalikan dengan W_T (faktor bobot organ gonad) yang bernilai 0,08 untuk memperoleh dosis efektif yang diterima organ gonad pasien menggunakan Persamaan (4).

$$H_E = W_T \times H_T \quad (4)$$

Dalam analisis komparatif menggunakan uji-t pada penelitian ini, tujuannya adalah untuk menguji pengaruh variasi tegangan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan dosis efektif. Hipotesis nol (H_0) pada penelitian ini adalah adanya pengaruh variasi tegangan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan dosis efektif. Artinya, diasumsikan bahwa perbedaan tegangan yang diberikan pada $CT scan$ memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan dosis efektif yang diterima oleh pasien. Sedangkan hipotesis alternatif (H_1) pada penelitian ini adalah tidak ada pengaruh tegangan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan dosis efektif. Artinya, diasumsikan bahwa perbedaan tegangan tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan dosis efektif yang diterima oleh pasien. Dalam uji-t, digunakan nilai P -value untuk mengambil keputusan terkait hipotesis nol dan hipotesis alternatif. Jika P -value yang diperoleh dari analisis statistik adalah kurang dari 0,05 (biasanya dipilih sebagai level signifikansi), maka hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_1) ditolak. Artinya, terdapat bukti statistik yang cukup untuk menyatakan bahwa ada pengaruh variasi tegangan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan dosis efektif. Sebaliknya, jika P -value lebih besar dari 0,05, maka hipotesis alternatif (H_1) diterima dan hipotesis nol (H_0) ditolak. Artinya, tidak ada bukti statistik yang cukup untuk menyatakan bahwa ada pengaruh variasi tegangan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ dan dosis efektif.

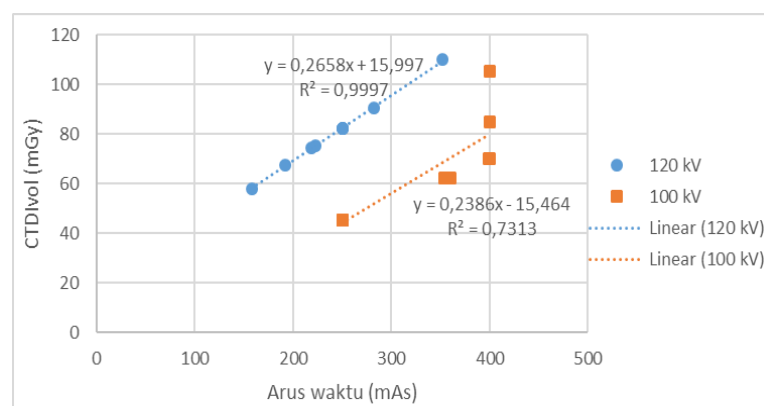
III. HASIL DAN DISKUSI

Estimasi dosis keluaran dari $CT Scan$ dinilai dari $CTDI_{vol}$ dan gambaran besar total energi yang diserap oleh tubuh berdasarkan nilai DLP ditunjukkan pada Tabel 1. Arus waktu pada tegangan 100 kV dan 120 kV yang didapatkan pada penelitian ini bervariasi mulai dari 158 mAs hingga 400 mAs. Dalam $CT Scan$, nilai arus paparan pada tegangan 100 kV dan 120 kV bervariasi karena penggunaan teknik

TCM di mana besar arus tabung disesuaikan untuk mencapai kualitas citra yang optimal berdasarkan ketebalan tubuh pasien. Teknik TCM menggunakan arus waktu untuk mengontrol arus listrik yang melewati tabung sinar-X selama pemindaian CT pada setiap irisan tertentu (Anam dkk., 2018). Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan dosis radiasi yang diberikan kepada pasien sambil mempertahankan tingkat kualitas gambar yang diinginkan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Irsal dan Winarno, (2020) yang menunjukkan bahwa peningkatan dan penurunan nilai arus tabung (mAs) berkaitan dengan ketebalan tubuh pasien.

Tabel 1 Estimasi Dosis Keluaran dari *CT Scan* berdasarkan $CTDI_{vol}$ dan *DLP*

Pasien	Tegangan (kV)	Arus Waktu (mAs)	Scan Leght (cm)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	<i>DLP</i> (mGy.cm)
1	120	158	39,984	57,885	2314,5
2	120	250	51,184	82,285	4211,7
3	120	223	46,151	75,485	3483,7
4	120	219	44,269	74,285	3288,5
5	120	282	46,443	90,685	4211,7
6	120	250	47,033	82,285	3870,1
7	120	250	34,136	82,285	2808,9
8	120	192	41,611	67,485	2808,1
9	120	250	43,747	82,285	3599,7
10	120	352	48,375	109,885	5315,7
11	100	250	50,989	45,251	2307,3
12	100	250	53,163	45,251	2405,7
13	100	250	47,038	45,251	2128,5
14	100	250	47,020	45,251	2127,7
15	100	400	47,236	70,051	3308,9
16	100	399	47,230	70,051	3308,5
17	100	354	44,433	62,451	2774,9
18	100	360	44,088	62,051	2735,7
19	100	400	54,398	84,851	4615,7
20	100	400	54,685	105,251	5755,7
Minimum			39,984	45,251	2127,7
Maksimum			54,685	109,885	5755,7
Rerata			46,661	72,028	3369,1
SD			4,935	18,883	1036,7



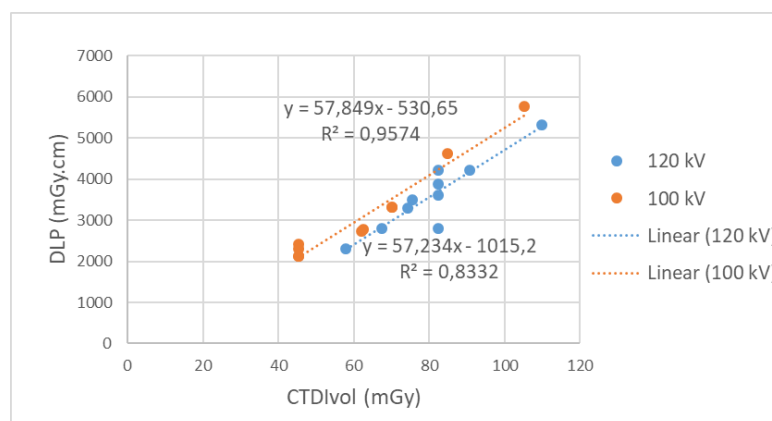
Gambar 1 Hubungan arus waktu dengan $CTDI_{vol}$ pada tegangan 100 kV dan 120 kV

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara arus waktu (mAs) dengan nilai $CTDI_{vol}$. Terdapat titik-titik data yang mewakili hasil pengukuran dari sampel pasien yang telah menjalani pemeriksaan CT abdomen pada tegangan 100 kV (oranye - kotak) dan 120 kV (biru- lingkaran). Grafik menunjukkan pola kenaikan yang signifikan antara arus waktu dan $CTDI_{vol}$. Semakin tinggi nilai arus paparan, semakin tinggi juga nilai $CTDI_{vol}$ yang tercatat. Dengan nilai R^2 yang sangat tinggi (0,9997) pada tegangan 120 kV, hal ini mengindikasikan hubungan yang sangat kuat dan signifikan antara kedua variabel tersebut.

Pada tegangan 100 kV, meskipun pola kenaikan antara arus watu dan $CTDI_{vol}$ tidak sekuat pada tegangan 120 kV, yaitu ditunjukkan dari nilai R^2 yang lebih rendah (0,7313). Hal menunjukkan korelasi yang lebih lemah antara kedua variabel tersebut.

Pada pasien dengan tegangan masukan 100 kV, terdapat nilai $CTDI_{vol}$ minimum sebesar $(45,251 \pm 18,883)$ mGy, sementara pada pasien dengan tegangan masukan 120 kV, terdapat nilai $CTDI_{vol}$ maksimum sebesar $(109,885 \pm 18,883)$ mGy dan rerata nilai $CTDI_{vol}$ sebesar $(7,028 \pm 18,883)$ mGy. Uji-t yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi tegangan terhadap nilai $CTDI_{vol}$ pada pemeriksaan *CT scan*. Hasil analisis menunjukkan bahwa p-value yang diperoleh $< 0,05$, sehingga hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_1) ditolak. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari tegangan yang diberikan terhadap nilai $CTDI_{vol}$.

Penjelasan mengenai mekanisme foton yang dihasilkan oleh tabung sinar-X juga mendukung hasil temuan tersebut. Pada tabung sinar-X, foton dihasilkan melalui tumbukan elektron yang memiliki energi yang cukup tinggi dengan target logam. Energi foton yang dihasilkan bergantung pada tegangan yang diberikan pada tabung sinar-X (Hidayanto dan Arifin, 2014). Semakin tinggi tegangan, semakin tinggi pula energi foton yang dihasilkan. Sebaliknya, jika tegangan diturunkan, energi foton yang dihasilkan juga akan berkurang (Satwika dkk., 2021). Dalam konteks *CT scan*, pengurangan tegangan pada tabung sinar-X menyebabkan foton yang dihasilkan memiliki energi yang lebih rendah. Oleh karena itu, pada pengaturan tegangan 120 kV, foton yang dihasilkan memiliki energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengaturan tegangan 100 kV. Hal ini menjelaskan mengapa pada tegangan 120 kV, nilai $CTDI_{vol}$ yang diukur lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan 100 kV.

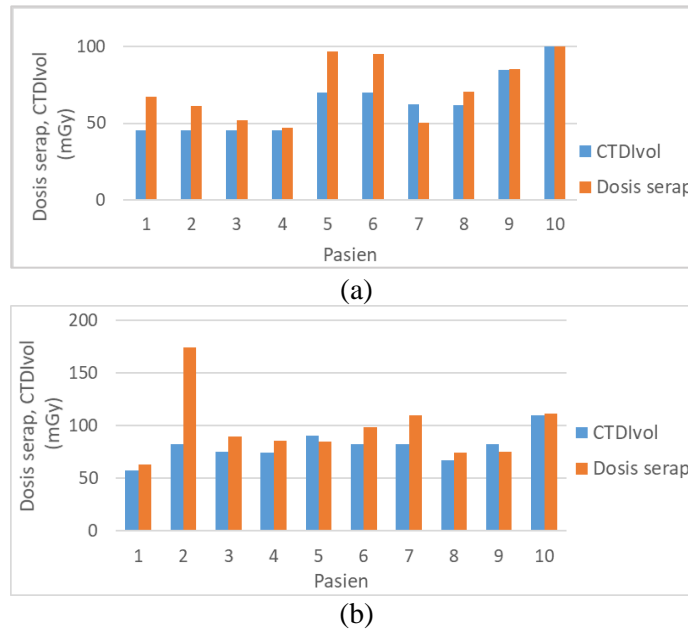


Gambar 2 Grafik hubungan nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP pada pemeriksaan abdomen

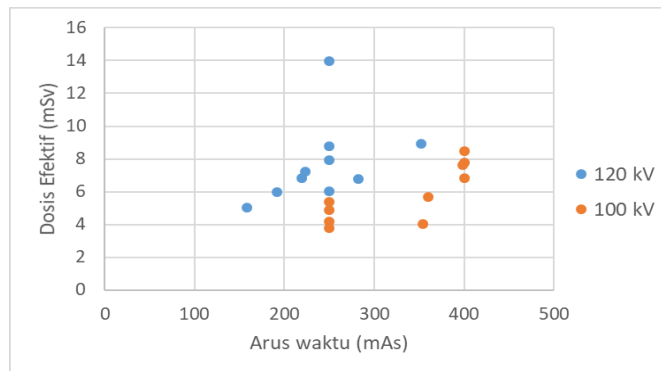
Gambar 2 memvisualisasikan hubungan antara nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP pada pemeriksaan CT abdomen. Hasil dari uji regresi linear hubungan antara $CTDI_{vol}$ dan DLP pada tegangan 120 kV yaitu $R^2 = 0,9574$ dan pada tegangan 100 kV yaitu $R^2 = 0,8332$ sehingga diketahui bahwa adanya hubungan signifikan antara nilai $CTDI_{vol}$ dengan DLP . Dalam grafik ini, terlihat pola kenaikan yang sejalan antara nilai $CTDI_{vol}$ dan DLP . Semakin tinggi nilai $CTDI_{vol}$, semakin tinggi pula nilai DLP yang tercatat. Hubungan ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis radiasi, yang tercermin dalam nilai $CTDI_{vol}$, berkontribusi pada peningkatan total dosis radiasi yang diterima oleh pasien, yang diwakili oleh nilai DLP . Hal ini sesuai dengan AAPM, (2008) yang menyatakan bahwa DLP menggambarkan total energi yang diserap dari proses penyinaran dan merupakan nilai dari $CTDI_{vol}$ dikalikan dengan panjang *scan*. Oleh karena itu peningkatan DLP sebanding dengan peningkatan $CTDI_{vol}$ pada proses penyinaran.

Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan nilai keluaran $CTDI_{vol}$ dan dosis serap yang diukur menggunakan TLD-100 pada tegangan 120 kV dan 100 kV. Pada kasus pasien kedua menggunakan pemindaian tegangan 100 kV, terlihat bahwa dosis serap yang diukur lebih besar dibandingkan dengan nilai $CTDI_{vol}$. Hal ini dapat disebabkan oleh lamanya proses *delay* atau penundaan yang terjadi selama saat pemindaian. Selama *delay*, tabung sinar-X *CT scan* tetap mengeluarkan radiasi. Oleh karena itu, pasien tetap menerima paparan radiasi sinar-X dari *CT scan*. Dosis serap yang diukur oleh TLD-100 mencerminkan paparan radiasi yang diterima oleh pasien selama keseluruhan proses pemindaian,

termasuk saat *delay*. Sementara itu, nilai $CTDI_{vol}$ hanya mencerminkan dosis radiasi yang dihasilkan selama pemindaian aktif.



Gambar 3 Perbandingan keluaran $CTDI_{vol}$ dan dosis serap dari TLD-100 pada (a) Tegangan 120 kV (b) Tegangan 100 kV



Gambar 4 Hubungan antara arus waktu dengan dan dosis efektif organ gonad pada pemeriksaan *CT scan*

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara arus waktu dan dosis efektif yang diterima oleh organ gonad pasien pada pemeriksaan *CT scan* abdomen. Hasil rerata dosis efektif yang diterima oleh organ gonad pada tegangan 120 kV adalah $(7,7447 \pm 2,5134)$ mSv sedangkan pada tegangan 100 kV adalah $(5,8574 \pm 1,7069)$ mSv dan rerata pada kedua tangan dosis efektif yaitu $(6,8011 \pm 2,304)$ mSv. Untuk menguji pengaruhnya, dilakukan uji-t dengan *P-value* yang diperoleh menunjukkan nilai $< 0,05$. Oleh karena itu, hasil ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari tegangan yang diberikan terhadap dosis efektif yang diterima oleh organ gonad pasien. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Gharbi dkk. (2018) yang menyatakan bahwa dosis radiasi akan meningkat ketika tegangan (kV) dan arus tabung (mAs) ditingkatkan. Dalam konteks *CT scan* abdomen, organ gonad pasien berada dalam rentang penyinaran saat menjalani pemeriksaan tersebut, sehingga menerima dosis radiasi. Peningkatan tegangan dan arus tabung pada *CT scan* berkontribusi pada peningkatan dosis efektif yang diterima oleh organ gonad.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara variasi tegangan yang diberikan dan dosis radiasi yang diterima oleh pasien saat menjalani pemindaian *CT scan* pada area abdomen. Peningkatan nilai $CTDI_{vol}$, DLP , dan dosis efektif terlihat

sejalan dengan peningkatan variasi tegangan yang diberikan. Nilai dosis radiasi yang lebih tinggi diamati pada pengaturan tegangan 120 kV dibandingkan dengan tegangan 100 kV. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan tegangan pada *CT scan* menyebabkan peningkatan dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Hasil analisis statistik dengan $P\text{-value} < 0,05$ menunjukkan bahwa perbedaan dosis radiasi antara tegangan 120 kV dan 100 kV adalah signifikan secara statistik. Artinya, variasi tegangan yang diberikan memiliki pengaruh yang nyata terhadap dosis radiasi yang diterima oleh pasien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada Bapak Arifin selaku kepala Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Pusat Dr. M. Djamil Padang yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- AAPM. (2008). *The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT*. AAPM report no. 96.
- Anam, C., Haryanto, F., Widita, R., Arif, I., Dougherty, G., dan McLean, D. (2018). Volume computed tomography dose index ($CTDI_{vol}$) and size-specific dose estimate (SSDE) for tube current modulation (TCM) in CT scanning. *International Journal of Radiation Research*, 16(3).
- Blanke, P., Bulla, S., Baumann, T., Siepe, M., Winterer, J. T., Euringer, W., Schäfer, A. O., Kotter, E., Langer, M., dan Pache, G. (2010). *Thoracic aorta: Prospective electrocardiographically triggered CT angiography with dual-source CT - Feasibility, image quality, and dose reduction*. *Radiology*, 255(1), 207–217.
- Curry, T. S., Dowdey, J. E., dan Murray, R. C. J. (1990). *Christensen's physics of diagnostic radiology 4th edition*. Lea and Febiger.
- Fitriana, L., dan 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.
- Gharbi, S., Labidi, S., Mars, M., Chelli, M., Meftah, S., dan Ladeb, M. F. (2018). Assessment of organ dose and image quality in head and chest CT examinations: A phantom study. *Journal of Radiological Protection*, 38(2), 807–818.
- Hidayanto, E., dan Arifin, Z. (2014). Pengaruh Variasi Faktor Eksposi (Tegangan Tabung dan Arus Waktu) serta Pitch terhadap Computed Tomography Dose Index (CTDI) Di Udara Menggunakan CT Dose Profiler. *Youngster Physics Journal*, 3(4), 364–372.
- Ibrahim, A. A., Abdullah, B., dan Halide, H. (2018). Estimasi Dosis Efektif Pasien Bagian Abdomen dari Hasil Pemeriksaan CT-Scan Merek Siemens SOMATOM. *Positron*, 8(2), 39.
- Irsal, M., Nurbaiti, N., Mukhtar, A. N., Gunawati, S., dan Hidayat, W. (2021). Pengaruh Tegangan Tabung terhadap Kualitas Citra pada Pemeriksaan Computed Tomography Kepala menggunakan Iterative Reconstruction. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 9(1), 103–110.
- Irsal, M., dan 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.
- Nurhayati, A. Y., Nariswari, N. N., Rahayuningsih, B., dan Hariadi, Y. C. (2019). Analisis Variasi Faktor Eksposi dan Ketebalan Irisan Terhadap CTDI dan Kualitas Citra Pada Computed Tomography Scan (Analysis of Variation of Exposure Factor and Slice Thickness On CTDI and Image Quality at Computed Tomography Scan). *Berkala Saintek*, 7(1), 7–12.
- Satwika, L. G. P., Ratini, N. N., dan Iffah, M. (2021). Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X terhadap Signal to Noise Ratio (SNR) dengan Penerapan Anode Heel Effect menggunakan Stepwedge Effect of X-ray Tube Voltage Variation on Signal to Noise Ratio (SNR) by Application of Anode Heel Effect using Step. *Buletin Fisika*, 22, 20–28.
- Wahyuni, S., dan Amalia, L. (2022). Perkembangan dan Prinsip Kerja Computed Tomography (CT Scan). *GALENICAL : Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh*, 1(2), 88.