



Analisis Dosis Radiasi pada Pemeriksaan CT Scan Kepala Menggunakan Metode Sekuensial dan *Helical*

Fajar Muslim¹, Legia Prananto², Guntur Winarno³

¹ Instalasi Radiologi RSUP Fatmawati, Jl. RS. Fatmawati Raya No.4, RT.4/RW.9, Cilandak Bar., Kec. Cilandak, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12430

² Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II Jakarta; Jl. Hang Jebat III Blok F3 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12120

³ Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II Jakarta; Jl. Hang Jebat III Blok F3 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12120

e-mail: fajarmuslim82@gmail.com

Makalah Penelitian

Menyerahkan

14 Agustus 2022

Diterima

16 November 2022

Terbit

5 Desember 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dosis radiasi pada pemeriksaan *Computed Tomography* (CT) Scan Kepala menggunakan metode *scan* sekuensial dan *helical*. Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan observasi. Data pemeriksaan CT Scan Kepala yang diperoleh dalam penelitian ini dikumpulkan dalam periode bulan Agustus – Oktober 2021, sehingga diperoleh masing-masing 18 pasien untuk kedua metode *scan*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *scan* sekuensial diperoleh nilai rata-rata CTDIvol 29,52 mGy dan nilai rata-rata DLP 546,39 mGy.cm. Metode *scan helical* diperoleh nilai rata-rata CTDIvol 49,95 mGy dan nilai rata-rata DLP 981,82 mGy.cm. Analisis statistik menunjukkan nilai *Wilcoxon sign rank test* pada metode *scan* sekuensial dan *helical* adalah *p-value* = 0,002. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai rata-rata dosis radiasi pada metode *scan* sekuensial dengan metode *scan helical*. Terdapat perbedaan nilai CTDIvol dan DLP pada metode *scan* sekuensial dan metode *scan helical*. Dosis yang diperoleh menggunakan metode *scan* sekuensial lebih rendah dibanding *helical*.

Kata kunci: CT Scan Kepala, Sekuensial, *Helical*, CTDIvol.

ABSTRACT

This study aims to analyze the radiation dose in the *Computed Tomography* (CT) Scan of the Head using sequential and helical scan methods. This research is quantitative with an observation approach. This study collected data from Head CT Scan examinations in August – October 2021 and obtained 18 patients for each scanning method. The results showed that the sequential scan method got an average CTDIvol value of 29.52 mGy and an average DLP value of 546.39 mGy.cm. The helical scan method got an average CTDIvol value of 49.95 mGy and an average DLP value of 981.82 mGy.cm. Statistical analysis showed that the value of the *Wilcoxon sign rank test* on the sequential and helical scan methods was *p-value* = 0.002. These results indicate that there is a difference in the average value of radiation dose in the sequential scan method and the helical scan method. There are differences in CTDIvol and DLP values in the sequential and helical scan methods. The dose obtained using the sequential scan method is lower than that of helical.

Keywords: Head CT Scan, Sequential, Helical, CTDIvol.

1. PENDAHULUAN

Penerimaan dosis radiasi pada Computed Tomography (CT) Scan diketahui dengan memperkirakan jumlah dosis radiasi yang diterima oleh pasien menggunakan CT Dose Index (CTDI) [1,2]. CTDI dihitung menggunakan persamaan seperti berikut $CTDI = \frac{1}{NT} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz$, dengan $D(z)$ adalah distribusi dosis $D(Z)$, N adalah jumlah irisan tomografi dan T adalah lebar nominal irisan [1,3,4]. CTDI selalu diukur pada teknik scan sekuensial untuk satu putaran dari tabung sinar-X. Secara teori, perkiraan rata-rata dosis pada bagian tengah dari volume scan disebut dengan CTDIvol [5]. CTDIvol adalah indeks yang mengukur intensitas relatif radiasi yang terjadi pada pasien. CTDIvol mengukur eksposur per irisan dengan menghitung variasi paparan dari sumbu z dan tidak tergantung pada panjang pemindaian (*scan*). Selain itu, pengukuran dosis pada CT dapat menggunakan *Dose Length Product* (DLP), dimana nilai DLP menggambarkan total energi yang diserap dan efek biologis yang diakibatkan oleh pengambilan *scanning* dan dipengaruhi oleh variasi anatomi. DLP merupakan hasil perkalian CTDIvol dengan panjang pemindaian dengan satuan mGy.cm [6,7].

Studi yang membandingkan dosis antara dua teknik pemindaian CT telah memberikan hasil yang kontradiktif. Pada penelitian Abdeen dkk. (2010) didapatkan nilai DLP yang lebih tinggi pada pemeriksaan menggunakan teknik sekuensial. Dalam penelitian tersebut, didapatkan dosis lensa secara signifikan lebih tinggi untuk teknik sekuensial dan teknik helical dengan nilai secara berturut-turut $61,5 \pm 12,9$ mGy dan $43,5 \pm 4,3$ mGy [8]. Pada penelitian Straten dkk. (2007) menunjukkan citra berkualitas yang dicapai dengan teknik *helical* memiliki peningkatan dosis radiasi pasien, terutama saat menggunakan CT multislice [9].

Penelitian lain oleh Pace dkk. (2015) menunjukkan dosis radiasi yang terlihat dengan teknik pemindaian CT sekuensial secara signifikan lebih tinggi daripada yang terlihat dengan teknik pemindaian CT *helical*. Nilai rata-rata yang diperoleh menggunakan teknik sekuensial adalah CTDIvol 22,06 mGy dan DLP 304,60 mGy.cm dibandingkan dengan pemindaian *helical* CTDIvol 14,94 mGy dan DLP 229,10 mGy.cm [10].

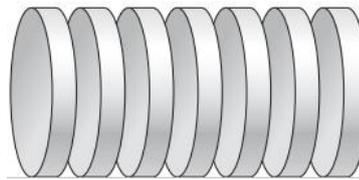
Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan hasil analisis dosis radiasi pada pemeriksaan CT Scan Kepala menggunakan teknik sekuensial dan *helical* di Instalasi Radiologi RSUP Fatmawati.

2. LANDASAN TEORI/POKOK BAHASAN

2.1 Sekuensial

CT Scan sekuensial juga dikenal dengan "*step-and-shoot scanning*", memiliki prinsip kerja, meja bergerak ke dalam *gantry* dan kemudian diam sementara, lalu tabung sinar-X dan detektor bergerak

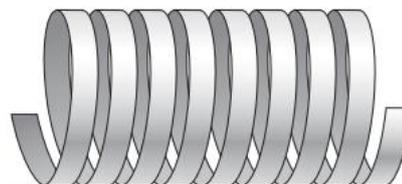
mengelilingi pasien 360° dan mengumpulkan data proyeksi pasien. Kemudian meja pasien bergerak maju ke posisi kedua dan proses pemindaian selanjutnya dilakukan. Pemindaian sekuensial biasanya digunakan dalam protokol di mana untuk mendapatkan resolusi optimal dan kecepatan akuisisi tidak menjadi perhatian utama [6,11].



Gambar 1. Ilustrasi citra potongan dari teknik sekuensial [6]

2.2 Helical

Teknik *helical* merupakan sebuah kemajuan dari metode pemindaian sebelumnya, pengembangan sistem yang menghilangkan kabel sehingga memungkinkan gantri berotasi secara terus menerus. Pemindaian *helical* membawa peningkatan drastis dalam kecepatan pemindaian dengan menghilangkan penundaan *interscan*. Ada 3 (tiga) konsep dasar yang menentukan proses pemindaian *helical*, yaitu: tabung sinar-X yang terus berputar, keluaran sinar-X yang konstan, dan gerakan meja yang tidak terputus. Meningkatkan kecepatan pemindaian dapat menurunkan artefak gerakan pernapasan dan jantung, dan kemampuan reformasi multiplanar dan tiga dimensi (3-D) [6].



Gambar 2. Ilustrasi citra potongan dari teknik helical [6].

2.3 Dosis Radiasi

Dosis radiasi adalah jumlah radiasi yang terdapat dalam medan radiasi atau jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi yang dilaluinya. Besaran dosis yang diterima oleh anggota masyarakat tidak boleh melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang diizinkan agar tidak menumbuhkan efek genetik dan somatik, yaitu sebesar 5 mSv per tahun. Dalam Keputusan Kepala BAPETEN tentang Tingkat Panduan Diagnostik atau *Diagnostic Reference Level* (DRL), nilai DRL untuk CT Scan kepala non kontras nilai CTDIvol sebesar 60 mGy dan nilai DLP sebesar 1275 mGy.cm, sedangkan untuk CT Scan kepala kontras nilai CTDIvol sebesar 60 mGy dan nilai DLP sebesar 2500 mGy.cm [12,13].

a. CTDI

Computer Tomography Dose Index (CTDI) merupakan metode pengukuran dosis pasien pada CT Scan. CTDI didefinisikan sebagai integral profil dosis radiasi sepanjang sumbu Z, yang pengukuran dosis radiasi yang berasal dari satu potongan irisan. Perhitungan CTDI mewakili dosis rata - rata dari fantom silinder yang homogen atau lebih dikenal dengan CTDI *weighted* (CTDI_w), perhitungannya didapat dianggap sebagai perkiraan yang mendekati dari dosis pasien sebenarnya [14].

Mengestimasi dosis radiasi pada bagian tengah dari volume *scan* disebut dengan CTDI_{vol}. CTDI_{vol} digunakan untuk memperkirakan dosis radiasi yang diperoleh selama pemindaian *helical*. CTDI_{vol} mencakup dosis sepanjang sumbu z dari proses akuisisi data, dengan satuan miligray (mGy) [15]. Rumus CTDI_{vol} dapat dilihat pada persamaan (1).

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{pitch} \quad (1)$$

b. DLP

Dosis lain yang ada pada CT adalah *Dose Lenght Product* (DLP) menggambarkan total energi yang diserap yang diakibatkan oleh pengambilan *scan*. DLP merupakan perkalian CTDI_{vol} dengan *scan length* dengan satuan mGy.cm [15]. Rumus DLP dapat dilihat pada persamaan (2).

$$DLP = CTDI_{vol} \times scan\ length \quad (2)$$

3. METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan artikel ini adalah penelitian kuantitatif analitik, karena hasil pengujiannya berupa angka-angka. Pendekatan yang digunakan adalah observasi, artinya peneliti mengamati secara langsung terhadap objek penelitian.

Pengumpulan data penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2021. Populasi dalam Penelitian ini adalah seluruh pemeriksaan *Computed Tomography* (CT) Scan. Sampel dalam penelitian ini adalah pemeriksaan *Computed Tomography* (CT) Scan Kepala dengan teknik sekuensial dan pemeriksaan *Computed Tomography* (CT) Scan Kepala dengan teknik *helical* selama bulan Agustus – Oktober 2021. Pemilihan sampel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi sampel adalah pasien *Computed Tomography* (CT) Scan Kepala dan pasien pada rentang waktu antara bulan Agustus – Oktober 2021. Sedangkan kriteria eksklusi adalah bukan pasien *Computed Tomography* (CT) Scan Kepala dan bukan pasien pada rentang waktu antara bulan Agustus – Oktober 2021.

Pengolahan data dilakukan dengan mengitung nilai rata-rata dari CTDI_{vol} dan DLP pada pemeriksaan CT Scan Kepala dengan Teknik sekuensial dan *helical* menggunakan alat bantu statistik, yaitu SPSS. Dilanjutkan dengan melakukan uji normalitas pada seluruh data yang didapat untuk mengetahui distribusi data. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah data memiliki perbedaan nilai rata-rata yang signifikan atau tidak. Jika data yang diperoleh berdistribusi normal dilakukan analisis data dengan uji *Independent T Test*, jika datanya tidak berdistribusi normal maka dilakukan pengujian dengan *wilcoxon signed rank test*. Seluruh data yang telah didapat dan diolah, lalu dimasukkan ke dalam tabel dan kemudian dianalisis dan dibandingkan hasil rata-rata kedua teknik pemindaian tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil penelitian diperoleh dari 18 pasien yang melakukan pemeriksaan CT Scan Kepala dengan metode sekuensial dan *helical*. Nilai dosis diperoleh dari *Dose Report System* pada komputer yang sudah ada, yaitu berupa nilai CTDI_{vol} dan DLP yang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Nilai CTDI_{vol} dan DLP menggunakan Metode Sekuensial

No	Sampel	Range (cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
1	Pasien 1	17,5	21.49	386.74
2	Pasien 2	27,5	64.86	1167.43
3	Pasien 3	17,5	7.21	129.71
4	Pasien 4	17,525	64.86	1167.43
5	Pasien 5	19,5	64.86	1297.14
6	Pasien 6	15,5	28.65	458.36
7	Pasien 7	19,5	28.65	572.95
8	Pasien 8	17,5	28.65	515.65
9	Pasien 9	19,5	28.65	572.95
10	Pasien10	15,5	21.49	343.77
11	Pasien11	19,5	21.49	429.71
12	Pasien12	17,5	21.49	386.74
13	Pasien13	17,5	21.49	386.74
14	Pasien14	19,5	21.49	429.71
15	Pasien15	17,5	21.49	386.74
16	Pasien16	20,25	21.49	429.71
17	Pasien17	15,5	21.49	343.77
18	Pasien18	19,5	21.49	429.71
	Mean	18.5431	29.5161	546.3867
	Std. Deviasi	2.70054	16.96418	321.50870

Bedasarkan Tabel 1 terdapat 18 sampel dengan jangkauan *scan* bervariasi dengan jangkauan *scan* terpendek, yaitu 15,5 cm dan *scan* terpanjang 27,5 cm. Panjang area *scan* bervariasi karna berdasarkan dari

panjangnya objek yang ter-scan. Nilai CTDIvol pada metode scan sekuensial nilai terendah, yaitu 7,21 mGy dan tertinggi 64,86 mGy. Nilai DLP juga menunjukkan nilai yang bervariasi, nilai DLP terendah 343,77 mGy.cm dan tertinggi 1297,14 mGy.cm.

Tabel 2. Nilai CTDIvol dan DLP menggunakan Metode Helical

No	Sampel	Range (cm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy.cm)
1	Pasien 1	27.5	53.92	1036.36
2	Pasien 2	17.5	53.92	1036.36
3	Pasien 3	17.5	53.92	1036.36
4	Pasien 4	19.5	53.92	1144.21
5	Pasien 5	17.5	33.7	647.73
6	Pasien 6	15.5	53.92	928.51
7	Pasien 7	19.5	29.57	631.57
8	Pasien 8	17.5	25.88	500.9
9	Pasien 9	19.5	54.99	1167.78
10	Pasien10	15.5	53.92	928.51
11	Pasien11	19.5	53.92	1144.21
12	Pasien12	17.5	53.92	1036.36
13	Pasien13	17.5	53.92	1036.36
14	Pasien14	19.5	53.92	1144.21
15	Pasien15	17.5	53.92	1036.36
16	Pasien16	20.7	53.92	1144.21
17	Pasien17	15.5	53.92	928.51
18	Pasien18	19.5	53.92	1144.21
	Mean	18.5667	49.9456	981.8178
	Std. Deviasi	2.71986	9.40846	196.79527

Bedasarkan Tabel 2 terdapat 18 sampel dengan jangkauan scan bervariasi dengan jangkauan scan terpendek, yaitu 15,5 cm dan scan terpanjang 27,5 cm. Panjang area scan bervariasi karna berdasarkan dari Panjangnya objek yang ter-scan. Nilai CTDIvol pada metode scan helical nilai terendah, yaitu 25,88 mGy dan tertinggi 54,99 mGy. Nilai DLP juga menunjukkan nilai yang bervariasi, nilai DLP terendah 500,9 mGy.cm dan tertinggi 1144,21 mGy.cm.

Data yang diperoleh berupa nilai CTDIvol dan DLP pada metode scan sekuensial dan helical dianalisis menggunakan alat bantu uji statistik. pertama dilakukan uji normalitas untuk mengetahui data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Pengujian menggunakan Shapiro-Wilk karena sampel yang diperoleh sedikit yaitu kurang dari 50 sampel.

Berdasarkan uji normalitas pada nilai CTDIvol menggunakan Shapiro-Wilk, nilai signifikansi (p) untuk metode sekuensial adalah 0,00 dan nilai signifikansi (p) untuk metode helical adalah 0,00 sehingga dapat dipastikan data yang diperoleh tidak berdistribusi normal karena nilai signifikansi (p) < 0,05.

Sedangkan uji normalitas pada nilai DLP menggunakan pengujian Shapiro-Wilk. Nilai signifikansi

(p) untuk metode sekuensial adalah 0,00 dan nilai signifikansi (p) untuk metode helical adalah 0,01 maka dapat dipastikan data yang diperoleh tidak berdistribusi normal karena nilai signifikansi (p) < 0,05. Untuk melihat perbedaan signifikansi pada data yang tidak berdistribusi normal menggunakan uji Wilcoxon sign rank test.

Hasil analisis Wilcoxon sign rank test nilai CTDIvol terdapat 18 sampel. Pada metode sekuensial diperoleh nilai rata-rata 29,52 dan standar deviasi 16,96, sedangkan pada metode helical diperoleh nilai rata-rata 49,95 dan standar deviasi 9,41. Hasil analisis statistik juga menunjukkan nilai Wilcoxon sign rank test pada metode scan sekuensial dan helical adalah p value = 0.002, artinya terdapat perbedaan nilai rata-rata CTDIvol metode scan sekuensial dengan metode helical. Dasar pengambilan keputusan tersebut adalah jika Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05 maka terdapat perbedaan antara nilai CTDIvol sekuensial dan helical. Sebaliknya, jika nilai Sig. (2-tailed) > 0,05 maka tidak terdapat perbedaan antara nilai CTDIvol sekuensial dan helical.

Hasil analisis Wilcoxon sign rank test nilai DLP menunjukkan terdapat 18 sampel. Pada metode sekuensial diperoleh nilai rata-rata 546,39 dan standar deviasi 321,51 sedangkan pada metode helical diperoleh nilai rata-rata 981,82 dan standar deviasi 196,79. Hasil analisis statistik juga menunjukkan nilai Wilcoxon sign rank test pada metode scan sekuensial dan helical adalah p value = 0.002, artinya terdapat perbedaan nilai rata-rata DLP metode sekuensial dengan metode helical. Dasar pengambilan keputusan tersebut adalah jika nilai Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05 maka terdapat perbedaan antara nilai DLP sekuensial dan helical. Sebaliknya, jika nilai Asymp. Sig. (2-tailed) > 0,05 maka tidak terdapat perbedaan antara nilai DLP sekuensial dan helical.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan alat bantu uji statistik, terlihat pada metode scan sekuensial diperoleh nilai rata-rata CTDIvol 29,52 mGy dan nilai rata-rata DLP 546,39 mGy.cm. Rentang nilai CTDIvol terendah pada 7,21 mGy dan tertinggi pada 64,86. Sedangkan nilai DLP berada pada rentang terendah 129,71 mGy.cm dan tertinggi pada 1297,14 mGy.cm. Nilai rata-rata tersebut didapat dari 18 sampel pemeriksaan CT Scan Kepala yang menggunakan parameter pemindaian yang sama. Jika merujuk Keputusan Kepala BAPETEN Nomor 1211 Tahun 2021 nilai indikator DRL untuk CTDIvol pemeriksaan CT Scan Kepala adalah 60 mGy dan 1275 mGy.cm untuk DLP, maka secara rata-rata nilai CTDIvol dan DLP seluruh sampel masih dalam batas normal, namun terdapat 3 sampel yang melebihi tingkat indikator DRL yang ditetapkan oleh BAPETEN [12,13].

Sedangkan untuk metode helical, diperoleh nilai rata-rata CTDIvol 49,95 mGy dan nilai rata-rata DLP

981,82 mGy.cm. Rentang nilai CTDI_{vol} terendah pada 25,88 mGy dan tertinggi pada 54,99 mGy. Sedangkan nilai DLP berada pada rentang terendah 500,9 mGy.cm dan tertinggi pada 1167,78 mGy.cm. Nilai rata-rata tersebut didapat dari 18 sampel pemeriksaan CT Scan Kepala yang menggunakan parameter pemindaian yang sama. Jika merujuk pada Keputusan Kepala BAPETEN Nomor 1211 Tahun 2021, nilai indikator DRL untuk CTDI_{vol} pemeriksaan CT Scan Kepala adalah 60 mGy dan 1275 mGy.cm untuk DLP. Artinya, nilai rata-rata CTDI_{vol} dan DLP masih dalam batas toleransi [13].

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai CTDI_{vol} dan DLP, yaitu tegangan tabung (kVp), tegangan tabung menentukan energi sinar-X yang selanjutnya mempengaruhi daya tembus sinar-X sehingga semakin tinggi tegangan tabung maka semakin tinggi daya tembus dan dosis radiasi yang diterima semakin tinggi. Kemudian arus waktu (mAs), semakin tinggi arus waktu semakin banyak foton yang produksi dan akan menentukan semakin banyak foton yang diserap objek sehingga dosis radiasi yang diterima objek semakin besar. Faktor yang mempengaruhi dosis radiasi yang terakhir adalah *pitch*, jika *pitch* ditingkatkan kecepatannya proses scanning akan lebih cepat sehingga menurunkan dosis radiasi [16].

Berdasarkan hasil analisis uji signifikansi menggunakan statistik dengan keakuratan sebesar 95%, jika $p \text{ value} = < 0,05$ artinya tidak ada perbedaan nilai rata-rata CTDI_{vol} dan DLP pada metode sekuensial dengan metode *helical*, jika $p \text{ value} = > 0,05$ artinya ada perbedaan nilai rata-rata CTDI_{vol} dan DLP pada metode sekuensial dengan metode *helical*, seperti dalam penelitian ini. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak, yang berarti ada perbedaan nilai rata-rata CTDI_{vol} dan DLP pada pemeriksaan CT Scan Kepala dengan teknik sekuensial dan *helical* [17].

Faktor penyebab perbedaan dosis radiasi pada metode pemindaian sekuensial dan *helical* menurut Daniel N Demaio dalam bukunya yang berjudul *Mosby's Exam Review for Computed Tomography*, yaitu ketika *overlapping scan* pada pemindaian sekuensial akan meningkatkan dosis radiasi, sedangkan celah antara tiap irisan akan mengurangi dosis radiasi. Metode *helical* dimana rotasi dari tabung dan detektor selama meja bergerak menghasilkan pola *spiral/helical* yang menyebabkan tidak adanya celah antara tiap irisan menyebabkan terjadinya peningkatan dosis radiasi yang diterima oleh pasien [15,18].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data, metode scan sekuensial memberikan nilai rata-rata CTDI_{vol} 29,52 mGy dan nilai rata-rata DLP 546,39 mGy.cm. Hasil analisis metode *helical* memberikan nilai rata-rata CTDI_{vol} 49,95 mGy dan nilai rata-rata DLP 981,82

mGy.cm. Jika dilihat dari rata-ratanya, nilai CTDI_{vol} dan DLP seluruh sampel masih dalam batas normal. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai CTDI_{vol} dan DLP, yaitu tegangan tabung (kVp) berpengaruh pada daya tembus, arus waktu (mAs) berpengaruh pada jumlah foton sinar-X yang dihasilkan dan *pitch* mempengaruhi kecepatan pergerakan meja yang dapat mempengaruhi durasi scanning dan dosis radiasi.

Berdasarkan hasil analisis uji signifikansi menyimpulkan H_0 ditolak. Pada sampel ketiga, enam dan tujuh terdapat lonjakan nilai CTDI_{vol} dan DLP pada metode *scan* sekuensial melebihi nilai CTDI_{vol} yang dihasilkan oleh metode *helical*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iriawati, "Studi Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Computer Tomography (CT) Scan Dengan Nilai Computer Tomography Dose Index (CTDI) Di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar," no. 21, pp. 1–9, 2018.
- [2] E. B. Tarigan, "Analisis Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Ct-Scan Thorax," *Dep. Fis. Fak. Mat. Dan Ilmu Pengetah. Alam Univ. Sumatera Utara Medan*, 2019.
- [3] E. Manzil, "Faktor fantom dan estimasi dosis efektif dari hasil pengukuran computed tomography dose index (CTDI)," 2011.
- [4] E. S. dan Z. A. Cory Amelia, "Analisa CTDI Pada Permukaan Dan Pusat Phantom Menggunakan CT Dose Profiler," *Youngster Phys. J.*, vol. 3, no. 4, pp. 329–334, 2014.
- [5] I. Feranita, *Penentuan Dosis Radiasi pada Pemeriksaan Computer Tomography Angiography*. 2017.
- [6] L. E. Romans, "Computed tomography for technologists: A comprehensive text, second edition," *Computed Tomography for Technologists: A Comprehensive Text*. pp. 1–440, 2018.
- [7] W. Huda, K. M. Ogden, and M. R. Khorasani, "Converting dose-length product to effective dose at CT," *Radiology*, vol. 248, no. 3, pp. 995–1003, 2008, doi: 10.1148/radiol.2483071964.
- [8] N. Abdeen *et al.*, "Comparison of image quality and lens dose in helical and sequentially acquired head CT," *Clin. Radiol.*, vol. 65, no. 11, pp. 868–873, Nov. 2010, doi: 10.1016/J.CRAD.2010.02.016.
- [9] M. Van Straten, H. W. Venema, C. B. L. M. Majoie, N. J. M. Freling, C. A. Grimbergen, and G. J. Den Heeten, "Image quality of multisection CT of the brain: Thickly collimated sequential scanning versus thinly collimated spiral scanning with image combining," *Am. J. Neuroradiol.*, vol. 28, no. 3, pp. 421–427, 2007.
- [10] I. Pace and F. Zarb, "A comparison of sequential and spiral scanning techniques in brain CT,"

- Radiol. Technol.*, vol. 86, no. 4, pp. 373–378, 2015.
- [11] A.J. Lubis, “Pemanfaatan Ct-Scan (Computer Tomography) Dalam Dunia Medis,” pp. 393–398, 2020.
- [12] BAPETEN, “Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2013 Tentang Proteksi Dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir,” <https://jdih.bapeten.go.id>, p. 206, 2013.
- [13] BAPETEN, “Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor: 1211/K/V/2021,” *Penetapan Nilai Tingkat Pandu. Diagnostik Indones. (Indonesian Diagnostic Ref. Level) Untuk Modalitas Sinar-X CT Scan dan Radiogr. Umum*, 2021.
- [14] S. B. Siregar *et al.*, “Penentuan Dosis Efektif pada Kepala Anak dengan Software Indosect Pemeriksaan CT Scan Fisika Medis , Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah , Denpasar,” *Kappa J.*, vol. 3, no. 2, pp. 113–117, 2019.
- [15] D. N. Demasio, “Mosby’s Exam Review for Computed Tomography,” *Elsevier Inc*, vol. 3, 2018.
- [16] E. Hidayanto and Z. Arifin, “Pengaruh Variasi Faktor Eksposi (Tegangan Tabung dan Arus Waktu) Serta Pitch Terhadap Computed Tomography Dose Index (CTDI) di Udara Menggunakan CT Dose Profiler,” *Youngster Phys. J.*, vol. 3, no. 4, 2014.
- [17] D. J. P. Simanjuntak, “Metode Wilcoxon dalam Menentukan Perbedaan Signifikan antara BPJS Penerima Bantuan Iuran dan BPJS Non Penerima Bantuan Iuran di Sumatera Utara,” *Kertas Karya Diploma (Statistika)*, pp. 15–20, 2020, [Online]. Available: <http://repositori.usu.ac.id/handle/12345678/26999>.
- [18] N. E. Eliason, *Computed Tomography Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control*, vol. 15, no. 3. 2016.