

Determination of Critical Organ Effective Dose in Head CT Scan Examination at Bali Mandara Hospital

Winer Johan Bora^{1*}, Gusti Ngurah Sutapa², I Gde Antha Kasmawan³, Ni Kadek Nova Anggarani⁴, I Ketut Putra⁵, Ni Putu Yuni Nurmallasari⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

Received: 03 December 2024

Revised: 23 February 2025

Accepted: 26 February 2025

Corresponding Author:

Winer Johan Bora

winerbora240502@gmail.com

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



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.28471>

Abstract: The study aims to determine the effective dose to critical organs in head CT scans at RSUD Bali Mandara and analyse the difference in effective dose between male and female patients and compare it with BAPETEN's normal threshold. Secondary data including current, voltage, CTDIvol, and DLP were collected and grouped by gender. The effective dose was calculated by multiplying DLP by the conversion factor K and CTDIvol by the organ weight factor (W_T). The mean effective dose of male patients was 4.35 ± 0.68 mGy, while that of female patients was 4.00 ± 0.53 mGy. The effective dose of critical organs for males was 0.642 mGy and for females 0.613 mGy, with higher doses for males. Statistical analysis using t-test shows the value of $t_{\text{count}} < t_{\text{table}}$, which indicates that the effective dose in head CT scan examination at RSUD Bali Mandara is still within normal limits according to the BAPETEN DRL standard Number: 1211/K/V/2021.

Keywords: Effective dose; DLP; CTDIvol; CT Scan; Critical Organ; Head.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam industri kesehatan dari tahun ke tahun semakin pesat, hal tersebut ditandai dengan ditemukannya alat-alat penunjang kesehatan yang semakin canggih dan diperbaharui di setiap tahun. Salah satu bukti perkembangannya adalah dengan ditemukannya alat kesehatan yang memanfaatkan radiasi pengion dalam mendiagnosis dan mengobati penyakit. Radiasi pengion adalah jenis radiasi yang dapat mengionisasi atom-atom atau materi yang dilaluinya. Sumber radiasi pengion mempunyai kemampuan merusak jaringan tubuh. Kerusakan jaringan oleh radiasi dikenal sebagai efek biologi radiasi pengion, dimana tingkat kerusakan jaringan bergantung pada dosis radiasi yang diserapnya (Sutapa dkk., 2013).

Computed Tomography Scan atau biasa disingkat CT Scan merupakan suatu metode pencitraan

menggunakan radiasi pengion yang berupa sinar-X dan merupakan bagian dari pemeriksaan radiodiagnostik yang menampilkan gambaran anatomi tubuh dalam bentuk *slice*. Pemeriksaan CT Scan dapat membantu menegakan diagnosis kanker. CT Scan melibatkan dosis radiasi lebih besar dari prosedur pencitraan konvensional (foto rontgen) yang lebih umum. Dengan demikian risiko terjadinya kanker pada pasien sebagai konsekuensi penggunaan radiasi pengion ini juga meningkat (Noor dan Normahayu, 2014).

Pemeriksaan CT Scan kepala merupakan prosedur yang umum dilakukan di sebagian besar pusat CT Scan. Gambar CT Scan kepala sering digunakan untuk mengevaluasi kepala (Alaraki, 2012). Pemeriksaan CT Scan kepala memunculkan perhatian utama terkait dosis radiasi signifikan yang diterima oleh organ-organ kritis di sekitar area pembedahan. Paparan radiasi ini tidak hanya mengenai organ target, tetapi juga organ

How to Cite:

Bora, W J., Sutapa, G. N., Kasmawan, I.G.A., Anggarani, N. K. N., Putra, I. K., & Nurmallasari, N. P. Y. (2025). Determination of Critical Organ Effective Dose in Head CT Scan Examination at Bali Mandara Hospital. *Kappa Journal*, 9(1), 13-19. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.28471>

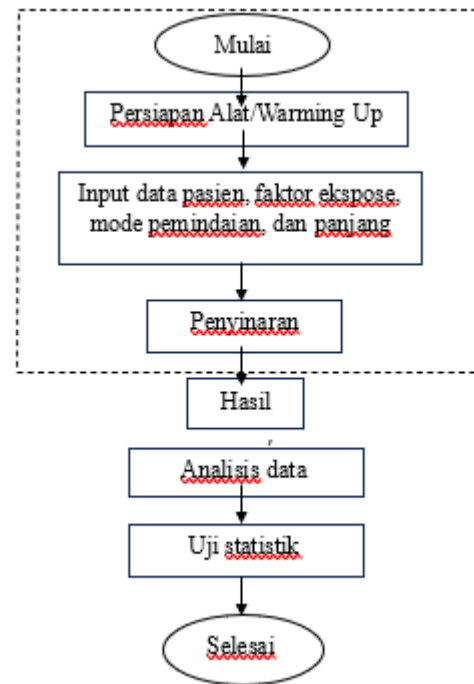
sehat di sekitarnya terkena radiasi. Organ sehat yang terkena radiasi disebut dengan *Organ at Risk* (OAR) atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan organ kritis (Mahardika dkk., 2023).

Dosis radiasi yang diterima oleh organ kritis seperti kulit, tulang kepala, mata, dan kelenjar ludah dapat menyebabkan kerusakan jaringan tubuh. Setiap organ memiliki tingkat radiosensitivitas yang berbeda, dengan lensa mata sebagai salah satu organ paling sensitif terhadap radiasi, yang dapat menyebabkan katarak (Hamada dkk, 2020). Menurut standar BAPETEN Nomor 1211/K/V/2021, dosis efektif maksimum untuk CT Scan kepala adalah 5 mSv. Dosis yang melebihi batas ini dapat menimbulkan efek merugikan seperti kerusakan jaringan atau perubahan genetik. Oleh karena itu, perhitungan dosis radiasi harus dilakukan dengan hati-hati, mempertimbangkan sensitivitas organ. Dosis efektif mengintegrasikan faktor sensitivitas jaringan dan dosis yang diterima, memungkinkan perbandingan risiko kesehatan dari paparan radiasi yang bervariasi di berbagai organ (ICRP, 2007).

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait dosis efektif pada organ spesifik. Mahardika (2023) menentukan dosis efektif pada organ kritis di abdomen pelvis menggunakan data sekunder CT Scan di RSUP Sanglah, dengan hasil dosis masih dalam batas normal BAPETEN, dan dosis tertinggi terdeteksi pada gonad. Farah Sukmana (2022) menganalisis dosis efektif CT Scan abdomen di RSUD Bali Jimbaran, yang sesuai dengan standar BAPETEN dan ICRP. Krisna Yogantara (2020) menentukan dosis efektif pada bagian kepala di RS Sanjiwani, dengan dosis pada berbagai kelompok usia masih dalam batas normal BAPETEN. Namun, belum ada penelitian mengenai dosis efektif organ kritis pada CT Scan kepala di RSUD Bali Mandara, sehingga penulis memilih topik ini karena sensitivitas tinggi organ kepala. Penelitian ini juga akan membandingkan dosis efektif dengan ambang batas normal BAPETEN.

Metode

Penelitian tentang dosis efektif organ kritis pada CT Scan kepala dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Bali Mandara pada Juni-Desember 2024. Alat yang digunakan adalah CT Scan SIEMENS tipe SOMATOM PERSPECTIVE seri 78068, dengan nomor seri tabung 6699351671, beroperasi pada 130 kVp/345 mA, dan konsol pengendali. Data sekunder diperoleh dari hasil pemeriksaan pada monitor konsol pengendali. Adapun alur pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur pengambilan data

Keterangan:

- Tahapan yang dilakukan oleh radiographer
- Hasil data berupa DLP dan $CTDI_{vol}$

Data pasien yang diambil berkisar usia 20 hingga 80 tahun, dengan 50 sampel untuk masing-masing jenis kelamin. Variabel yang dianalisis meliputi jenis kelamin, usia, $CTDI_{vol}$ (mGy), dan DLP (mGy.cm). Dosis efektif dihitung menggunakan DLP dan faktor konversi K bagian kepala sebesar $0,0021 \text{ mGy} \times \text{mSv}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$, sesuai dengan persamaan 1.

$$DE = DLP \times K \quad (1)$$

Keterangan:

- DE : Dosis efektif (mSy)
 DLP : Dose Length Product ($\text{mGy} \times \text{cm}$)
 k : Faktor konversi bagian kepala

Setelah itu juga dilakukan perhitungan dosis efektif pada organ kritis dengan menggunakan nilai $CTDI_{vol}$ serta faktor bobot organ (W_T). Sesuai dengan persamaan 2.

$$DE_{OAR} = CTDI_{vol} \times W_T \quad (2)$$

Keterangan:

- DE_{OAR} : Dosis efektif (mSv)
 $CTDI_{vol}$: Volume Computed Tomography Dose Index (mGy)
 W_T : Faktor bobot jaringan

Nilai W_T adalah faktor bobot organ yang menunjukkan sensitivitas organ terhadap radiasi. W_T untuk mata, tulang kepala, otak, kelenjar ludah, dan kulit adalah 0,01.

untuk mengetahui apakah sebaran data dosis

efektif terdistribusi normal atau tidak, maka dilakukan uji normalitas dengan menggunakan SPSS Metode uji normalitas yang digunakan adalah *Skewness* dan *Kurtosis*. Panduan dalam pengambilan keputusan pada uji normalitas data yaitu:

- a. Jika nilai rasio skewness dan kurtosis dosis efektif berada pada rentang -2 hingga 2, maka data terdistribusi normal.
- b. Jika nilai rasio skewness dan kurtosis dosis efektif tidak berada pada rentang -2 hingga 2, maka data tidak terdistribusi normal.

Selanjutnya untuk mengetahui apakah nilai dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan kepala sesuai dengan peraturan BAPETEN, maka dilakukan uji-t satu arah (*one sample t-test*) menggunakan SPSS. Dari pengujian diharapkan memenuhi tingkat kepercayaan sebesar 95% atau taraf signifikansi sebesar 0,05. Hipotesis yang diajukan sebagai berikut:

H_0 : nilai dosis serap yang diperoleh tidak melebihi batas yang ditetapkan oleh BAPETEN.

H_1 : nilai dosis serap yang diperoleh melebihi batas yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Dari hasil uji statistik akan dilihat dan dibandingkan dengan nilai t_{tabel} dan nilai t_{hitung} yang diperoleh. Apabila $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka hipotesis H_0 diterima dan H_1 ditolak, sebaliknya apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka hipotesis H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Hasil dan Pembahasan

Data hasil penelitian penyinaran pasien CT Scan kepala disajikan dalam bentuk tabel dan dibedakan berdasarkan jenis kelamin. Data hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data hasil penelitian pasien laki-laki

Inisial	Usia	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
NRD	50	67,00	2232,00
TR	25	56,31	2084,00
MODGS	78	67,89	2101,00
N	49	52,24	1835,00
PEDP	29	77,64	2501,00
ENA	19	64,57	2113,00
W	45	72,64	2501,00
M	76	62,65	1916,00
H	47	79,20	2730,00
IKB	45	57,18	1881,00
LML	56	62,26	2044,00
INW	70	76,90	2453,00
NKS	42	55,34	1693,00
IWW	58	66,87	2469,00
MS	41	78,21	2325,00
Inisial	Usia	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)

JEVI	80	62,26	1780,00
MY	59	58,42	1790,00
IKAK	17	54,02	2256,00
MN	59	69,54	2294,00
TRW	57	62,64	2035,00
GS	70	77,01	2386,00
YS	29	54,01	1557,00
AP	15	54,78	1825,00
IWS	33	54,42	1790,00
IWR	72	73,81	2435,00
BP	46	73,22	2583,00
IKN	58	69,34	2152,00
AA	23	56,11	1871,00
LPKW	27	79,02	2457,00
DAR	18	59,96	1837,00
IWM	59	54,39	1593,00
IKS	53	79,76	2380,00
DRS	24	61,65	1991,00
IPGK	70	76,00	2336,00
KEB	45	60,00	1969,00
WT	80	68,51	2241,31
NS	58	59,94	1715,00
BBK	44	63,81	1728,74
KC	32	62,71	1693,70
IMD	30	57,46	1477,24
IMAYA	15	55,80	1429,05
MUR	57	71,27	2555,74
ASJ	27	62,71	2458,72
IKAS	23	60,50	1990,94
AMS	27	62,71	2458,72
IDKN	45	66,49	2157,59
TS	61	55,25	1735,34
IGBA	25	59,57	1983,72
SH	45	64,18	1987,61
LN	25	54,70	1780,89

Tabel 2. Data hasil penelitian pasien perempuan

Inisial	Usia	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
NLP	49	67,00	2232,00
NKS	51	57,47	2084,00
NNK	62	72,51	2101,00
MS	57	65,72	1835,00
CNS	18	56,11	2501,00
LSA	21	50,35	2113,00
NNS	80	80,18	2501,00
EP	79	74,18	1916,00
AAC	55	56,31	2730,00
NKD	20	54,01	1881,00
AFF	23	56,05	2044,00
NMS	63	56,83	2453,00
Inisial	Usia	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)

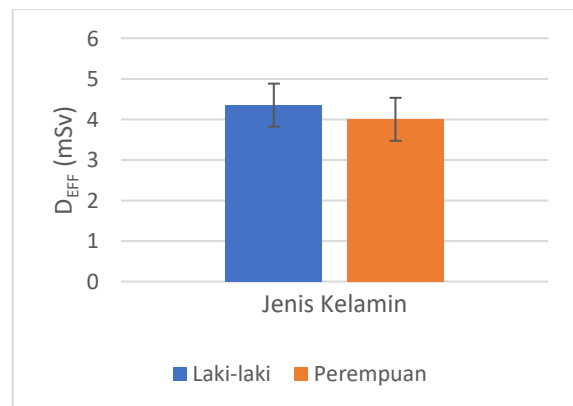
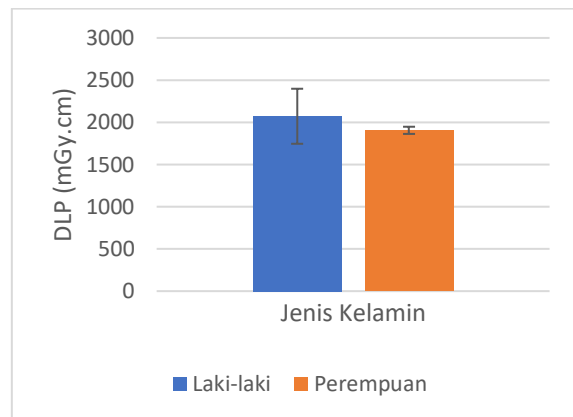
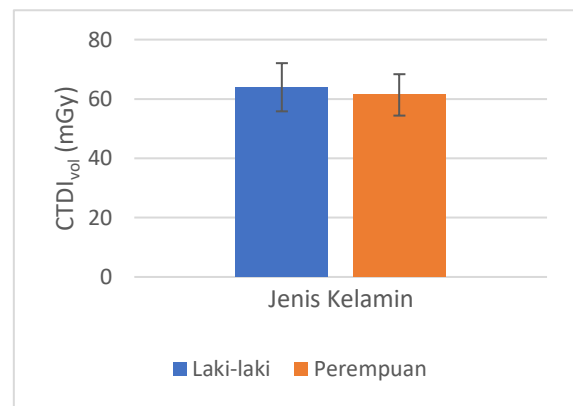
NLA	34	58,62	1693,00
NW	51	79,56	2469,00
M	83	65,72	2325,00
MU	64	63,42	1780,00
NMS	29	50,81	1790,00
SS	49	61,00	2256,00
PSM	24	52,00	2294,00
NNR	55	59,94	2035,00
NND	77	71,31	2386,00
NWS	36	58,29	1557,00
NLN	23	59,94	1825,00
LSP	68	61,88	1790,00
NNR	55	59,94	2435,00
NMD	53	58,01	2583,00
NLR	63	62,71	2152,00
NAK	65	58,84	1871,00
DAJ	27	62,15	2457,00
NKR	66	64,64	1837,00
NW	58	66,87	1593,00
ANS	28	59,57	2380,00
IGA	65	67,40	1991,00
LB	63	65,75	2336,00
NNS	51	60,14	1969,00
NLM	62	61,78	2241,31
YSL	36	58,03	1715,00
NNA	55	63,90	1728,74
AM	21	54,19	1693,70
MKS	73	62,15	1477,24
S	54	59,94	1429,05
NKM	48	53,03	2555,74
NMD	25	56,08	2458,72
IGA	38	64,08	1990,94
AAR	38	64,64	2458,72
LM	76	62,74	2157,59
L	42	53,04	1735,34
H	30	61,11	1983,72
S	79	51,59	1987,61
AEPR	76	66,36	1780,89

Untuk mempermudah dalam analisis dan pengambilan keputusan, maka dilakukan perhitungan rata-rata dan standar deviasi untuk masing-masing variabel data. Adapun hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi

Variabel	Jenis Kelamin	
	Laki-laki	Perempuan
CTDI _{vol} (mGy)	63,94 ± 8,12	61,35 ± 6,97
DLP (mGy.cm)	2071,78 ± 325,96	1905,23 ± 42,43
DE (mSv)	4,35 ± 0,68	4,00 ± 0,53

Juga akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ada pada Gambar 1. Berikut,



Gambar 1. Grafik hasil perbandingan besar nilai rata-rata dan standar deviasi CTDI_{vol}, DLP, dan Dosis Efektif terhadap jenis kelamin pasien

Hasil perhitungan dosis efektif yang telah dilakukan didapatkan nilai rata-rata dosis efektif CT Scan bagian kepala pasien laki-laki sebesar 4,351 mSv sedangkan pasien perempuan sebesar 4,001 mSv. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai dosis efektif pasien laki-laki cenderung lebih besar dari pasien perempuan, Adapun faktor yang dapat menjelaskan hasil tersebut yaitu besarnya nilai DLP. Dapat dilihat pada grafik perbandingan rata-rata dan standar deviasi yang ditampilkan pada gambar 1, nilai DLP pasien laki-laki cenderung lebih besar dari pasien perempuan, Perbedaan besar nilai DLP di pengaruhi oleh scan

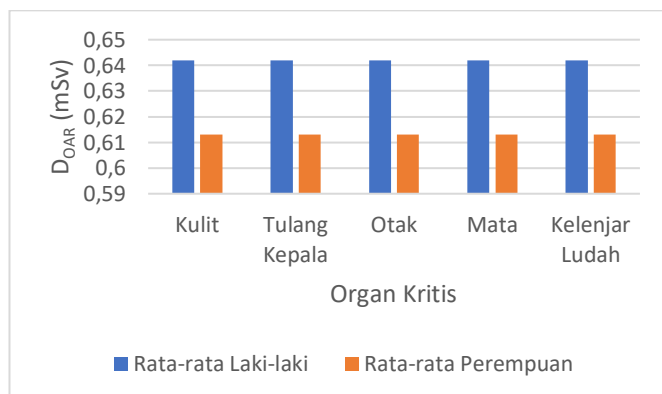
length dari masing-masing pasien. Scan length memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai DLP. Hasil penelitian ini di dukung oleh Shalry Horuoby (2022) yang menyatakan bahwa, scan length memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai DLP, dan terdapat hubungan yang berbanding lurus. Semakin besar panjang pemindaian yang digunakan selama scanning, semakin besar potensi objek yang terpapar radiasi. Hasil ini diperkuat dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kristinayanti pada tahun 2019 menyatakan bahwa scan length dalam pengujian menggunakan phantom diperpanjang menyebabkan peningkatan nilai DLP.

Kemudian dilakukan perhitungan dosis efektif organ kritis. Adapun rata-rata dari hasil perhitungan dosis efektif organ kritis ditampilkan dalam tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata hasil perhitungan dosis efektif organ kritis

Organ Kritis	Rata-rata dosis efektif (mSv)	
	Laki-laki	Perempuan
Kulit	0,642	0,613
Tulang kepala	0,642	0,613
Otak	0,642	0,613
Mata	0,642	0,613
Kelenjar ludah	0,642	0,613

Juga ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan rata-rata dosis efektif organ kritis seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbandingan rata-rata dosis efektif organ kritis bagian kepala terhadap jenis kelamin pasien

Berdasarkan hasil perhitungan dosis efektif organ kritis bagian kepala didapatkan nilai rata-rata untuk organ kritis kulit, tulang kepala, otak, mata, dan kelenjar ludah pasien laki-laki sebesar 0,642 mSv, sedangkan pasien perempuan sebesar 0,613 mSv. Nilai faktor bobot jaringan untuk organ-organ kritis di kepala, seperti kulit, mata, tulang kepala, otak, dan kelenjar

ludah, memiliki kesamaan faktor bobot jaringan karena menurut publikasi ICRP 103 (2007), faktor bobot jaringan dipilih untuk mencerminkan kontribusi masing-masing organ terhadap risiko kerusakan radiasi secara keseluruhan akibat efek stokastik. Hal ini menunjukkan bahwa organ-organ kritis di bagian kepala memiliki kontribusi yang serupa terhadap risiko kerusakan radiasi keseluruhan akibat efek stokastik. Besarnya dosis dari organ kritis disebabkan oleh nilai CTDIvol pasien laki-laki lebih besar, hal ini dapat ditunjukkan oleh Gambar 1, dimana grafik CTDIvol pasien perempuan lebih rendah dibandingkan pasien laki-laki. Hasil ini dukung oleh penelitian yang telah dilakukan Shantry Wulandary (2022) yang menyatakan bahwa peningkatan nilai DLP dan CTDIvol mempengaruhi besarnya nilai dosis efektif yang diterima pasien pada saat penyinaran. Penelitian yang dilakukan oleh Irsal pada tahun 2020 juga menambahkan bahwa besarnya nilai CTDIvol dipengaruhi oleh arus yang diterima organ pasien.

Selanjutnya, dilakukan uji normalitas, untuk mengetahui data terdistribusi normal atau tidak. Adapun hasil uji normalitas adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil uji normalitas nilai dosis efektif

Jenis Kelamin	Skewness		Kurtosis	
	Statistik	Std.Error	Statistik	Std.Error
Laki-laki	0,024	0,337	-0,982	-1,483
Perempuan	0,997	0,337	1,371	2,071

Tabel 6. Rasio skewness dan kurtosis

Jenis Kelamin	Rasio	
	Skewness	Kurtosis
Laki-laki	0,071	-1,483
Perempuan	2,963	2,071

Dari uji normalitas dosis efektif yang telah dilakukan diperoleh rasio skewness dan kurtosis untuk pasien laki-laki sebesar 0,071 dan 2,963, pasien perempuan -1,483 dan 2,071. Berdasarkan panduan dalam pengambilan keputusan pada uji normalitas, nilai rasio skewness dan kurtosis dosis efektif yang diperoleh masih berada pada rentang -2 hingga 2, maka data terdistribusi normal. Setelah diketahui data dosis efektif terdistribusi normal, maka dilakukan uji t-statistik. Adapun hasil uji t-statistik adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil t-statistik

Jenis Kelamin	N	df(n-1)	t _{hitung}	t _{tabel}
Laki-laki	50	49	-6,705	1,676
Perempuan	50	49	-13,075	1,676

Dari uji t-statistik yang telah dilakukan didapatkan t_{hitung} dan t_{tabel} pasien laki-laki sebesar -6,705 dan 1,676 sedangkan pasien perempuan sebesar -13,075 dan 1,676. Adapun pengambilan keputusan dapat

dilihat bahwa ($t_{hitung} < t_{tabel}$), jadi hipotesis H_0 diterima dan H_1 ditolak, maka dosis efektif yang diterima pasien CT Scan kepala di RSUD Bali Mandara tidak melebihi nilai ambang batas normal menurut standar DRL kepala dari BAPETEN NOMOR: 1211/K/V/2021.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh nilai dosis efektif pada pemeriksaan CT scan kepala untuk pasien laki-laki sebesar $4,35 \pm 0,68$ mSv sedangkan untuk pasien perempuan sebesar $4,00 \pm 0,53$ mSv. Hasil dosis efektif organ kritis bagian kepala seperti kulit, tulang kepala, mata, dan kelenjar ludah adalah 0,642 mSv untuk pasien laki-laki sedangkan pasien perempuan 0,613 mSv. Nilai dosis efektif bagian kepala maupun dosis efektif organ kritis bagian kepala menunjukkan bahwa nilai pasien laki-laki cenderung lebih besar dari pada pasien Perempuan. Dari hasil analisis statistik yang telah dilakukan nilai dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan kepala RSUD Bali Mandara masih berada dalam ambang batas normal menurut standar DRL kepala dari BAPETEN No. 1211/K/V/2021. Dengan demikian CT Scan di instalasi radiologi RSUD Bali Mandara Masih layak digunakan.

Daftar Pustaka

- Alarki, N. M. E., 2012. *Radiation Risk to Critical Organ During Brain CT*. Tesis. Sudan Academy of Science. Sudan.
<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/22150232>
- Anwar, E. D., 2011, Sistem Proteksi Radiasi : Analisis Terhadap Bidang Radiologi Rumah Sakit, *Phenom*, Vol. 1(1) :48-63.
<https://doi.org/10.21580/phen.2011.1.1.444>
- Bontrager, K. L., dan Lampignano, J. 2018, *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. Ninth Edition. Elsevier Health Sciences Division. Missouri.
- Bontrager, K. L., & Lampignano, J. (2018). *Textbook of radiographic positioning and related anatomy* (9th ed.). Elsevier Health Sciences Division
- Dabukke, H., 2015. *Pengaruh Faktor Ekspose Terhadap Kontras Resolusi CT Scan*. Skripsi, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ghannam, M. G., & Sing, P., 2024. *Anatomy, Head and Neck, Salivary Glands*, StarPearls.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538325/> [Diakses pada tanggal 24 oktober 2024]
- Horuoby, P. S., Diartama A. A. A., Sukadana, I. K., 2023, Analisis Nilai CTDI_{vol} Dan DLP Pada Pemeriksaan CT Scan Brain Non Kontras Dewasa Untuk Periode Januari-Desember 2022 di instalasi Rumah Sakit X Jakarta Pusat. *Rumpun Ilmu Kesehatan*, Vol. 3(3) : 280-293.
<https://doi.org/10.55606/jrik.v3i3.2687>
- Hamada, N., Azizova, T. V., Little, M. P., 2020. An Update on Effect of Ionizing Radiation Exposure on The Eye, *British Journal Of Radiology*, Vol. 93 (1115) : 20190829.
<https://doi.org/10.1259/bjr.20190829>
- Irsal, M., dan Winarno, G., 2020, Pengaruh Miliampre-Second (mAs) Terhadap Kualitas Citra dan Dosis Radiasi pada Pemeriksaan Computed Tomography, *Jurnal Fisika Flux*, Vol. 17(1) : 1-8.
<https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f/article/view/7085/5976>
- Kristinayanti, N. K. D., Iffah, M., Jenithayanti, N. P. R., Astina, K. Y., 2019, Analisis Pengaruh Scan Length Terhadap Nilai Dose Length Product pada CT Scan Multislice di RSUD Mangusada Badung, *Imaging Journal*. Vol. 3(1).
<https://ejournal.atro-bali.ac.id/index.php/imejing/view/35>
- Mahardika, I. G. P. G. O., Suryatika, I. B. M., Putra, I. K., dan Irhaz, R., 2023, Penentuan Dosis Efektif pada Abdo Pelvis dan Organ Kritis dari Hasil Penyinaran Computed Tomography Scanner (CT Scan), *Kappa Journal*, Vol. 7(2) : 84-91.
<https://doi.org/10.29408/kpj.v7i2.7676>
- Noor, J. A. E., dan Nurmahayu, I., 2014, Dosis Radiasi dari Tindakan CT Scan Kepala, *Jeest*, Vol. 1(2) : 84-91.
<http://dx.doi.org/10.21776/ub.jeest.2014.001.023>
- Nuban, D. M., 2021, Analisis Dosis Radiasi pada Pemeriksaan CT Scan Kepala, Karya Ilmiah, Universitas Widya Husada Semarang, Semarang.
<http://eprints.uwhs.ac.id/id/eprint/66>
- Pohan. M. Y., 2019. *Analisa Sistem Kelistrikan Computerized Tomography Scan di Rumah Sakit Haji Medan*. Skripsi, Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. Medan.
<https://repository.pancabudi.ac.id/website/detail/17308>
- Sipul, W. S., Suryatika, I. B. M., dan Sudarsana, I. W., 2022, Penentuan Dosis Efektif Organ At Risk Terhadap Penyinaran Kepala dengan Pesawat CT Scan Merk Siemens 128 Slice di RSUP Sanglah Denpasar, *Kappa Journal*, Vol. 6(2) : 338-346.
<https://doi.org/10.29408/kpj.v6i2.6389>
- Septadina, I. S., 2015, Perubahan Anatomi Bola Mata Pada Penderita Diabetes, *Majalah Kedokteran Sriwijaya*, Vol. 47(2) : 139-143.
<http://ejournal.unsri.ac.id/index.php/mks/article/view/2757>

- Soediatmoko, E., 2011, Estimasi Dosis Radiasi pada Pemeriksaan CT Scan Kepala, Skripsi, Universitas Indonesia, Depok.
<https://lib.ui.ac.id/m/detail.jsp?id=20290765&lokasi=lokal>
- Sukmana, F., Sutapa, N. G., Kasmawan, I. G. A., dan Irhaz, R., 2022, Analisis Dosis Efektif pada Pemeriksaan Computed Tomography (CT) Scan Abdomen di RSUD Bali Jimbaran, *Kappa Journal*, Vol. 6(2) : 140-147.
<https://doi.org/10.29408/kpj.v6i2.6115>
- Sutapa, G. N., Wiidyasari, N. L., dan Dewi, N. K. A. A., 2013, Mendalami Respon Adaptasi Sel Terhadap Paparan Radiasi Pengion, *Buletin Alara*, Vol. 15 (1) : 9-14.
<https://lib.fkm.ui.ac.id/detail?id=122755&lokasi=lokal>
- Trikasjono, T., Marjanto, D., dan Timoti, B., 2009, Analisis Keselamatan Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Daerah Sleman Yogyakarta, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, Sleman: 278-289.
<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/22136764>
- Valentin, J., & International Commission on Radiation Protection (2007). Managing patient dose in multi-detector computed tomography(MDCT). ICRP Publication 102. *Annals of the ICRP*, Vol. 37(1) : 1-79.
<https://doi.org/10.1016/j.icrp.2007.09.001>
- Wahyuni, S., dan Amalia, L., 2022, Perkembangan dan Prinsip Kerja Computed Tomograph (CT Scan), *Kedokteran dan Kesehatan Malikkusaleh*, Vol. 1(1) : 88-99.
<https://doi.org/10.29103/jkkmm.v1i2.8097>
- Wanara, N., Hamdi, M., dan Sinuraya, S., 2020, Estimasi Nilai Dosis Efektif Pasien Citra Medis CT Scan Asteoin Multi 32 Slice Bagian Abdomen, *Komunikasi Fisika Indonesia*, Vol. 17(2) : 80-89.
<https://dx.doi.org/10.31258/jkfi.17.2.80-86>
- Wiendartun. 2021, *Pengantar Fisika Zat Padat*. Universitas Terbuka.
- Yogantara, P.G.A.K., Sutapa, G. N., Yuliara, I. M., 2021, Analisis Dosis Efektif pada Pemeriksaan Computed Tomography (CT) Scan di RSUD Sanjiwani Gianyar, *Buletin Fisika*, Vol. 22(1) : 52-59.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/buletinfisika/article/download/63631/368742>