

## Estimasi Dosis Serap dengan Metode *Size Specific Dose Estimation* (SSDE) dan Risiko Radiasi pada Pemeriksaan CT-Scan Kepala di Rumah Sakit Daerah Mangusada Kabupaten Badung

<sup>1</sup>Eka Saputra, <sup>2</sup> Gusti Ngurah Sutapa, <sup>3</sup> I Nyoman Pranditayana

<sup>1,2</sup>Prodi Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Udayana, Jl.Kampus Bukit UNUD Jimbaran, Badung-Bali

<sup>2</sup>Rumah Sakit Daerah Mangusada, Jalan Raya Kapal, Mangupura, Mengwi

Email: [ekas87277@gmail.com](mailto:ekas87277@gmail.com)

Article Info	Abstract
<p><b>Article History</b>                      Received: 20 April 2023                      Revised: 26 April 2023                      Published: 30 April 2023</p> <p><b>Keywords</b>                      Effective Dose, SSDE, cancer risk factors, CT-Scan head, CTDIvol, and DLP</p>	<p><b>Estimation of Absorbed Dose Using Size Specific Dose Estimation (SSDE) Method and Radiation Risk on Head CT-Scan Examination at Mangusada Regional Hospital, Badung Regency.</b> CT scan -Scan Those originating from X-rays on the head are very risky considering that the tissue in the brain has a greater sensitivity to ionizing radiation when compared to other organs in the human body. Problems will then arise when the use of CT-Scan sourced from X-rays can pose a radiation risk. Based on research conducted by Mathews et al. (2013) reported that at least 680,211 patients who had performed CT-Scan, 3,150 patients were diagnosed with cancer. There is a more accurate method in estimating the dose received by patients, namely using the SSDE. The dose estimation method using SSDE considers geometric factors (body size). The purpose of this study was to see how weight, gender, and age affect SSDE, using 80 patients classified into 4 age groups (children, adults, elderly, and seniors). The results showed that the average effective dose for children was 4.065 mSv for males and 3.706 mSv for females with a significant effect of weight, sex, and age on SSDE because the <math>F_{Count}</math> as big 4,640 <math>F_{TableOf}</math> 2.215.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p><b>Sejarah Artikel</b>                      Diterima: 20 April 2023                      Direvisi: 26 April 2023                      Dipublikasi: 30 April 2023</p> <p><b>Kata kunci:</b>                      Dosis Efektif, SSDE, faktor risiko kanker, CT-Scan kepala, CTDIvol, dan DLP</p>	<p>Pemeriksaan CT-Scan yang bersumber dari sinar-X pada kepala akan sangat berisiko mengingat jaringan yang ada pada otak memiliki sensitivitas terhadap radiasi pengion yang lebih besar jika dibandingkan dengan organ lain yang ada pada tubuh manusia. Permasalahan kemudian akan muncul ketika penggunaan CT-Scan yang bersumber dari sinar-X dapat menimbulkan risiko radiasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mathews et al. (2013) melaporkan bahwa setidaknya dari 680.211 pasien yang pernah melakukan CT-Scan, sebanyak 3.150 pasien didiagnosa mengalami kanker. Terdapat metode yang lebih akurat dalam estimasi dosis yang diterima pasien yaitu menggunakan SSDE. Metode estimasi dosis menggunakan SSDE mempertimbangkan faktor geometrik (ukuran tubuh). Tujuan penelitian kali ini untuk melihat bagaimana pengaruh berat badan, jenis kelamin, dan usia pada SSDE, dengan menggunakan 80 pasien yang diklasifikasi 4 bagian usia (anak-anak, dewasa, lansia, dan manula). Hasil penelitian menunjukkan rata-rata dosis efektif anak-anak adalah 4,065 mSv untuk laki-laki dan 3,706 mSv untuk perempuan dengan terdapat pengaruh yang signifikan berat badan, jenis kelamin, dan usia terhadap SSDE karena nilai <math>F_{Hitung}</math> sebesar 4,640 <math>&gt;</math> <math>F_{Tabel}</math> sebesar 2,215.</p>
<p><b>Sitasi:</b> Saputra, E., Sutapa, G.N., Pranditayana, I.N. (2023). Estimasi Dosis Serap dengan Metode <i>Size Specific Dose Estimation</i> (SSDE) dan Risiko Radiasi pada Pemeriksaan CT-Scan Kepala di Rumah Sakit Daerah Mangusada Kabupaten Badung. <i>Kappa Journal</i>, 7(1), 87-96.</p>	

## PENDAHULUAN

Pemeriksaan CT-Scan yang bersumber dari sinar-X pada kepala akan sangat berisiko mengingat jaringan yang ada pada otak memiliki sensitivitas terhadap radiasi pengion yang lebih besar jika dibandingkan dengan organ lain yang ada pada tubuh manusia. Permasalahan kemudian akan muncul ketika penggunaan CT-Scan yang bersumber dari sinar-X dapat menimbulkan risiko radiasi, maka dari itu pengestimasian dosis secara spesifik perlu dilakukan untuk meminimalisir risiko radiasi terhadap pasien.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mathews et al. (2013) melaporkan bahwa setidaknya dari 680.211 pasien yang pernah melakukan CT-Scan, sebanyak 3.150 pasien didiagnosa mengalami kanker.

*Computed Tomography Dose Index Volume* (CTDI<sub>vol</sub>) dan *Dose Length Product* (DLP) merupakan parameter yang biasa digunakan dalam perhitungan *Dose effective* ( $D_{\text{eff}}$ ) yang bertujuan untuk pengestimasian dosis pada pemeriksaan CT-Scan kepala sebagai pengujian standar kualitas kontrol dan akreditasi. Tetapi meskipun demikian hal tersebut tidaklah cukup untuk menggambarkan besaran dosis yang diterima oleh pasien. Dikarenakan masih adanya faktor spesifik dari pasien antara lain usia, jenis kelamin, dan berat badan yang mempengaruhi besaran dosis yang diterima oleh pasien (Syaja'ah, 2019).

Perhitungan terkait estimasi dosis terhadap pasien dapat ditentukan menggunakan metode *Size Specific Dose Estimation* (SSDE) hal itu sesuai dengan laporan *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) tahun 2011 yang menyatakan besaran estimasi dosis pada pasien dapat dicari menggunakan SSDE yang berdasarkan nilai besaran CTDI<sub>vol</sub> dikalikan dengan  $f_D$  dimana merupakan faktor konversi yang bisa didapatkan dari ukuran diameter pasien (AAPM, 2011). Diameter pasien dapat dihitung untuk masing-masing posisi seperti LAT (Lateral), AP (Anterior Posterior), dan PA (Posterior Anterior).

Fungsi geometrik ukuran pasien pada metode SSDE menggunakan faktor konversi, dimana faktor konversi berfungsi untuk menerjemahkan CTDI<sub>vol</sub> ke dosis pasien di tengah volume scan (Matsubara, 2017). Sehingga perhitungan SSDE yaitu berdasarkan nilai CTDI<sub>vol</sub> dikalikan dengan faktor konversi ( $f_D$ ) yang diperoleh dari ukuran tubuh atau diameter pasien.

## METODE (12pt)

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai estimasi dosis dan risk efektif pada 80 pasien pemeriksaan CT-Scan kepala akan dilakukan pada RSUD Mangusada, yang akan dimulai pada bulan September 2022-Januari 2023

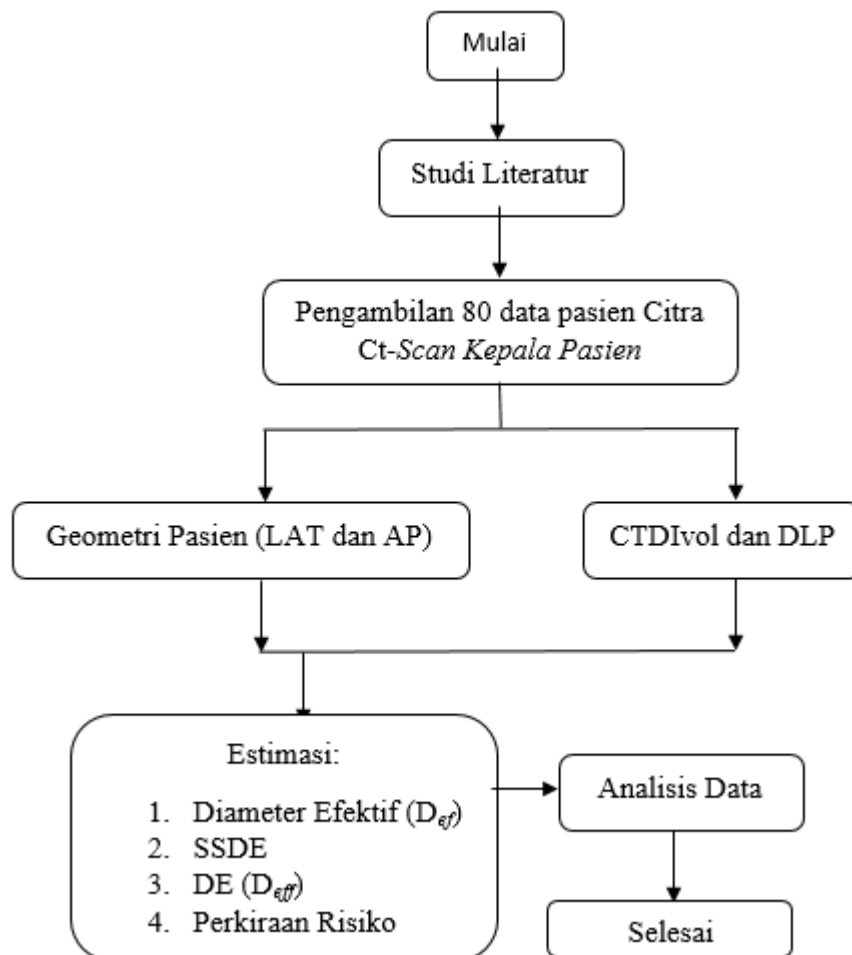
### Alat dan Bahan

1. Pesawat CT-Scan (MSCT Scan Philips 128 Slice)
2. Komputer serta konsol CT-Scan berfungsi untuk menampilkan dan menyimpan data rekam medis pasien
3. Data rekam medis pasien

### Sumber dan Jenis Data

Penelitian kali ini peneliti menggunakan jenis data sekunder seperti DLP, CTDI<sub>vol</sub>, panjang AP, panjang LAT, usia, berat badan, jenis kelamin yang bersumber dari rekam medik pasien khususnya pada pemeriksaan citra CT-Scan kepala pasien di RSD Mangusada dari Oktober 2022 – Maret 2023

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

## Analisis Data

Data yang telah didapatkan sesuai dengan Tabel 3.2 kemudian akan dilakukan analisis menggunakan statistik SPSS dengan Uji F. Uji F merupakan pengujian terhadap koefisien regresi secara simultan. Uji F dalam penelitian ini bertujuan untuk yaitu: menguji signifikansi pengaruh berat badan, usia, dan jenis kelamin terhadap dosis radiasi pada CT-Scan kepala menggunakan metode SSDE; menguji signifikansi pengaruh dosis radiasi terhadap risiko radiasi berdasarkan faktor risiko kanker pada Tabel 3.2

Adapun yang menjadi  $H_0$  dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

$H_0$ : → Tidak ada berpengaruh signifikan berat badan, usia, dan jenis kelamin terhadap estimasi dosis menggunakan metode SSDE

$H_1$ : → Terdapat pengaruh yang signifikan berat badan, usia, dan jenis kelamin terhadap estimasi dosis menggunakan metode SSDE

### 1. Penetapan tingkat signifikan

Pegujian hipotesis akan dilakukan dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05 atau tingkat keyakinan sebesar 95%

### 2. Penetapan kriteria penerimaan dan penolakan hipotesis

Hipotesis yang telah ditetapkan sebelumnya diuji dengan menggunakan metode pengujian statistik uji F dengan kriteria penerimaan dan penolakan hipotesis sebagai berikut:

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_1$  diterima

$H_0$  diterima jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , sehingga  $H_1$  ditolak

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Penelitian

penelitian menggunakan data sekunder seperti: inisial pasien, jenis kelamin, berat badan, umur, DLP, dan  $CTDI_{vol}$ . Dari citra CT-Scan pasien selanjutnya dilakukan pengukuran Panjang AP dan LAT. Penentuan pembagian umur pasien didasari berdasarkan DEPKES 2009.

Tabel 1. Data penelitian usia dewasa 17- 45 tahun

No	Inisial Pasien	Jenis Kelamin (L/P)	BB (kg)	Umur (Tahun)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.c m)	LAT (cm)	AP (cm)
1	IGKRP	L	33	9	40.4	1151	14.66	15.39
2	IPAS	L	32	10	40.4	1021	13.2	15.08
3	IPPJT	L	33	10	40.4	1159	14.59	16.96
4	IGKD	L	34	10	40.4	1147	16.74	15.14
5	IBGDP	L	35	10	40.4	1125	14.22	17.35
6	KDC	L	34	12	40.4	1131	14.58	16.34
7	IMNR	L	35	14	40.4	1151	14.32	17.28
8	IPAYP	L	34	14	40.4	1112	14.52	16.49
9	IGBSN	L	36	15	40.4	1169	14.75	17.17
10	IKPH	L	35	15	40.4	1137	14.39	17.95
11	NPLP	P	37	11	40.4	1274	14.98	16.58
12	NLS	P	37	11	40.4	1274	14,98	16.83
13	NPKS	P	35	14	40.4	1161	14.65	17.5
14	NPS	P	34	13	40.4	1043	14.16	16.84
15	NKAC	P	35	13	40.4	1129	13.94	18.15
16	NPAP	P	35	14	40.4	1141	14.08	16.29
17	NLDSC	P	36	14	40.4	1226	14.80	16.06
18	AROP	P	34	15	40.4	1096	14.11	17.54
19	NMAM	P	34	16	40.4	1147	14.62	15.6
20	NMDY	P	35	16	40.4	1092	14.05	17.02

### Hasil Penentuan SSDE dan Risiko Kanker

Hasil penelitian yang telah ditunjukkan pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.4, selanjutnya ditentukan nilai SSDE dan risiko kanker. Sebagai contoh perhitungan yang ditunjukkan dengan mengambil data inisial pasien IPAS, Sebagai berikut:

$$d_{ef} = \sqrt{AP \times LAT}$$

$$= \sqrt{15,08 \times 13,2} = 14,11 \text{ cm}$$

Dengan mengacu pada tabel data diameter efektif ( $d_{ef}$ ) pada AAPM report no 204 yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Dapat ditentukan nilai faktor konversi untuk nilai ( $d_{ef}$ ) = 14,11 dengan dilakukan interpolasi menggunakan persamaan 2.8

$$\begin{aligned} f_d &= y_1 + (x - x_1) \times \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \\ &= 1,09 + (14,11 - 14) \times \frac{1,05 - 1,09}{15 - 14} \\ &= 1,09 + 0,11 \times \frac{0,04}{1} \\ &= 1,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $f_d$  sebesar 1,08 cm kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai SSDE, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SSDE} &= \text{Faktor Konversi} \times \text{CTDIvol} \\ &= 1,08 \times 40,4 = 43,86 \text{ mGy} \end{aligned}$$

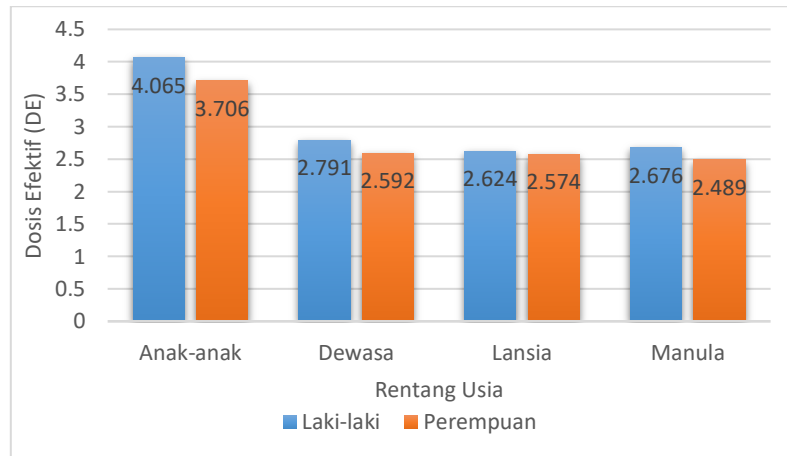
Untuk perhitungan risiko kanker terlebih dahulu mencari nilai DE, yang dilakukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{DE} &= \text{DLP} \times k \\ &= 1021 \times 0,0040 = 4,084 \text{ mSv} \end{aligned}$$

Perhitungan risiko kanker dilakukan menggunakan hasil perkalian antara DE dengan faktor risiko kanker (g) yang ditunjukkan pada tabel 2.3.

$$\begin{aligned} \text{Persentase Risiko} &= \text{Dosis Efektif} \times g \\ &= 4,084 \times 0,0055\%/\text{mSv} = 0,0225\% \end{aligned}$$

Faktor risiko yang didapatkan dari pemeriksaan CT-Scan kepala adalah berupa kerusakan jaringan (kanker). Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengukuran persentase risiko kanker berdasarkan faktor risiko kanker (g). Disajikan bahwa persentase risiko kanker tertinggi diterima oleh inisial pasien IPPJT sebesar 0,0255% hal itu tidak terlepas dari DE yang diterima pasien 4,636 mSv. Dari data Tabel 4.5 juga ditunjukkan persentase risiko kanker terendah didapat oleh inisial pasien NPS karena DE yang diterima adalah 3,338 mSv dengan risiko kanker 0.0184%. Hal itu dipertegas oleh penelitian yang dilakukan oleh Rima (2020), yang menyatakan bahwa semakin besar dosis efektif (DE) yang diterima semakin besar pula risiko kerusakan jaringan yang diterima pasien.



Gambar 2. Grafik rata-rata DE anak-anak hingga manula

Pada Gambar 4.1 disajikan grafik nilai rata-rata DE, dapat dilihat pada nilai rata-rata DE laki-laki pada usia anak-anak cukup besar jika dibandingkan dengan nilai rata-rata DE pada usia dewasa, lansia ataupun manula. Hal itu tidak terlepas dari terdapatnya pasien laki-laki seperti IGKRP, IPAS, IPPJT, IGKD, dan IBGDP yang berusia rentang 7-10 tahun, sehingga mempunyai nilai faktor bobot empiris ( $k$ ) yang lebih besar dibanding rentang umur usia dewasa, lansia, dan manula (sebesar  $0,0040 \text{ mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

Pada pasien perempuan rata-rata DE cenderung mengalami penurunan. Penurunan terbesar terjadi pada anak-anak menuju dewasa dikarenakan perbedaan nilai faktor bobot empiris ( $k$ ) pada rentang usia anak-anak dan dewasa. Pada nilai SSDE terdapat perbedaan pada laki laki usia anak anak hingga manula yang tidak stabil dibandingkan perempuan karena pertumbuhan kepala akan mengalami perubahan secara normal hingga usia 36 bulan, setelah itu akan bergantung pada berat badan pada individu masing-masing. Rata-rata DE dan SSDE selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4.6.

### Pengaruh Usia, Jenis Kelamin, dan Berat Badan Terhadap SSDE

Penelitian kali ini menggunakan 80 pasien yang dibagi pada beberapa klasifika umur dari anak-anak, dewasa, lansia, dan manula. Setiap klasifikasi umur didapatkan pasien masing-masing 20 (10 laki-laki dan 10 perempuan). Adapun pengujian kali ini ditunjukkan untuk melihat bagaimana pengaruh usia, berat badan, dan jenis kelamin pada dosis radiasi berdasarkan metode SSDE. Uji Anova (F) digunakan karena ingin melihat variabel tersebut berpengaruh secara simultan terhadap SSDE.

Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 menunjukkan hasil uji normalitas dan homogenitas, dimana data yang digunakan adalah data berat badan, SSDE, dan Usia. Data tersebut dapat dikatakan terdistribusi normal dan homogen jika nilai  $\text{sig} > 0,05$ . Hasil *output* uji normalitas dan uji homogenitas yang ditunjukkan Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 memperlihatkan nilai hasil  $\text{sig}$  pada berat badan, SSDE, dan Usia untuk setiap klasifikasi usia tergolong data yang sudah terdistribusi normal dan homogen.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Klasifikasi Umur	Data Yang Digunakan	Kolmogorov-Smirnov		
		Statistik	df	Sig.
Anak-anak	Berat Badan	0,939	20	0,225
	SSDE	0,911	20	0,066
	Usia	0,906	20	0,053
Dewasa	Berat Badan	0,179	20	0,093
	SSDE	0,130	20	0,200
	Usia	0,904	20	0,053
Lansia	Berat Badan	0,940	20	0,237
	SSDE	0,958	20	0,497
	Usia	0,912	20	0,070
Manula	Berat Badan	0,149	20	0,200
	SSDE	0,167	20	0,148
	Usia	0,138	20	0,200

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas

Klasifikasi Umur	Data Yang Digunakan	Levene's Test for Equality of Variances		
			F	Sig.
Anak-anak	Berat Badan	<i>Equal variances assumed</i>	0,017	0,897
	SSDE	<i>Equal variances assumed</i>	3,004	0,100
	Usia	<i>Equal variances assumed</i>	0,292	0,595
Dewasa	Berat Badan	<i>Equal variances assumed</i>	0,934	0,347
	SSDE	<i>Equal variances assumed</i>	0,227	0,639
	Usia	<i>Equal variances assumed</i>	1,165	0,295
Lansia	Berat Badan	<i>Equal variances assumed</i>	0,020	0,890
	SSDE	<i>Equal variances assumed</i>	0,005	0,947
	Usia	<i>Equal variances assumed</i>	2,793	0,112
Manula	Berat Badan	<i>Equal variances assumed</i>	0,059	0,810
	SSDE	<i>Equal variances assumed</i>	0,028	0,870
	Usia	<i>Equal variances assumed</i>	0,585	0,461

Data yang selanjutnya sudah dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas akan dilakukan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) yang ditunjukkan pada Tabel 4.9. Berdasarkan Tabel 4.9 yang menunjukkan hasil uji statistic ANOVA, *output* dari Uji ANOVA kali ini berupa nilai dari  $F_{Hitung}$  dan nilai signifikansi atau probabilitas error, ditunjukkan dari setiap klasifikasi umur hanya bagian dewasa yang mengasilkan nilai sig sebesar 0,080 artinya melebihi syarat uji Anova (nilai sig < 0,05). Uji ANOVA kali ini menggunakan analisis linier berganda untuk mengetahui seberapa besar pengaruh berat badan, Jenis Kelamin, dan usia terhadap SSDE, uji ANOVA kali ini mendapatkan nilai df (*degree of Freedom*) atau derajat kebebasan berupa df1 dan df2, dimana untuk mendapatkan nilai df1 dan df2 adalah sebagai berikut:

$$df1 = n - 1 \text{ dan } df2 = n - 1 - k \quad 4.1$$

Keterangan:

- df = jumlah data yang terlibat dalam perhitungan  
 n = jumlah data yang dimiliki  
 k = jumlah variabel yang mempengaruhi

Tabel 3. Hasil Uji F (ANOVA)

<i>ANOVA<sup>a</sup></i>						
Klasifikasi Umur	Model	<i>Sum of Squares</i>	df	<i>Mean Square</i>	F	Sig.
Anak-Anak	<i>Regression</i>	5,530	3	1,843	4,640	0,016 <sup>b</sup>
	<i>Residual</i>	6,356	16	0,397		
	<b>Total</b>	<b>11,886</b>	<b>19</b>			
Dewasa	<i>Regression</i>	5,273	3	1,758	2,707	0,080 <sup>b</sup>
	<i>Residual</i>	10,390	16	0,649		
	<b>Total</b>	<b>15,663</b>	<b>19</b>			
Lansia	<i>Regression</i>	4,098	3	1,366	4,485	0,018 <sup>b</sup>
	<i>Residual</i>	4,873	16	0,305		
	<b>Total</b>	<b>8,971</b>	<b>19</b>			
Manula	<i>Regression</i>	4,898	3	1,633	4,494	0,018 <sup>b</sup>
	<i>Residual</i>	5,814	16	0,363		
	<b>Total</b>	<b>10,712</b>	<b>19</b>			

Keterangan:

- a. Dependent Variable: SSDE  
 b. Predictors: USIA, JK, BB



## KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dalam penelitian kali ini, adalah sebagai berikut: Pada laki-laki nilai rata rata dosis efektif anak-anak, dewasa, lansia, dan manula secara berturut-turut adalah 4,605 mSv; 2,791 mSv; 2,624 mSv; dan 2,676 mSv dan pada perempuan nilai rata rata dosis efektif anak-anak, dewasa, lansia, dan manula secara berturut-turut adalah 3,706 mSv; 2,592 mSv; 2,574 mSv; dan 2,489 mSv; Terdapat pengaruh signifikan berat badan, jenis kelamin, dan usia terhadap SSDE, yang ditunjukkan nilai  $F_{Hitung} > F_{Tabel}$ ,  $sig < 0,05$  dan dengan  $H_1$  diterima, tetapi untuk dewasa nilai signifikansi  $> 0,05$ ; Persentase risiko kanker tertinggi diterima oleh pasien anak-anak berinisial IPPJT sebesar 0,0255% dan terenda oleh pasien manula berinisial NWR sebesar 0,130%.

## SARAN

Saran yang dapat penulis berikan adalah sebaiknya mencari hubungan Dosis Efektif dengan SSDE dengan menggunakan DLP yang spesifik artinya mempertimbangkan faktor geometri pasien (LAT dan AP) dalam menentukan nilai DLP.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya tunjukkan kepada dosen pembimbing, Dosen Fisika Unud, Keluarga, serta teman-teman yang selalu menyemangati dan membantu dalam pelaksanaan penelitian kali ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Miniati, K., Sutapa, G, N., dan Sudarsana, I, W, B, 2017, Uji Kelayakan Pesawat Sinar-X Terhadap Proyeksi PA (Postero-Anterior) dan LAT (Lateral) Pada Teknik Pemeriksaan Foto Thorax. *Jurnal Buletin Fisika*. 18 (1): 27-31.
- Mubarok, S, 2015, Perbandingan CT Dose Index (CTDI) antara Panel dan 43 Pengukuran berbasis Parameter dan Kualitas Citra. *Skripsi*, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.
- Mulyono, N, P, N., Hidayanto, E., Arifin, Z., dan Anam. C., 2014, Analisis Distribusi *Computed Tomography Dose Index (CTDI)* Pada *Body Phantom*. *Youngster Physics Journal*, 3 (4): 357-362.
- Noor dan Normahayu, 2014, Dosis Radiasi Dari Tindakan CT-Scan Kepala, *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Techniology*, 1 (2): 84-91.
- Rima, M, K., 2020, Estimasi Dosis Radiasi dan Faktor Risiko pada Pemeriksaan *Computed Tomorapy Scan Abdomen* Di Rumah Sakit Islam (RSI) Sultan Agung Semarang, *Skripsi*, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang
- Syaja'ah, K, N., 2019, Estimasi Dosis Efektif Radiasi CT Scan Kepala Pada Pasien Anak Menggunakan Metode *Size Spesific Dose Estimation (SSDE)*, *Tesis*, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- American Association of Physicists in Medicine, 2011, Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. *AAPM Report, 204*, College Park, MD.

- Anam, C., Fujibuchi, T., Haryanto, F., Widita, R., Arif, I., and Dougherty, G., 2019, An evaluation of computed tomography dose index measurements using a pencil ionisation chamber and small detectors, *J Radiol Prot*, 39 (1): 112–124
- Anam, C., Haryanto, F., Widita, R., Arif, I., Fujibuchi, T., and Toyoda, T., 2017, Dougherty G. Scatter index measurement using a CT dose profiler. *Journal of Medical Physics and Biophysics*, 4 (1): 95-102.
- Aryawijayanti, R., Susilo, dan Sutikno, 2015, Analisis Dampak Radiasi Sinar-X Pada Mencit melalui Pemetaan Dosis Radiasi Di Laboratorium Fisika Medik, *Jurnal MIPA*, 38 (1): 25-30.