

Analisis Dosis Radiasi Pasien Pada Pemeriksaan CT Scan Menggunakan Aplikasi Si-INTAN

Analysis of Radiation Dose of Patients on CT Scan Examination using Si-INTAN Application

Elshaday S.B Siregar^{1*}, Gusti Ngurah Sutapa², I Wayan Balik Sudarsana³

^{1, 2} Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

³ Fisika Medis, RSUP Sanglah Denpasar, Jl. Diponegoro, Denpasar, Bali, Indonesia, 80113

Email: elshaday@student.unud.ac.id*, sutapafis97@unud.ac.id

Abstrak – Pemeriksaan CT scan banyak digunakan untuk mendiagnosa bagian dalam tubuh manusia, maka diperlukan pengawasan untuk menjamin kesehatan dan keselamatan pekerja, pasien dan masyarakat. Salah satu pengawasan yang dapat dilakukan adalah menganalisa dosis radiasi pasien pada pemeriksaan CT scan dengan aplikasi Sistem Informasi data dosis pasien (Si-INTAN). Telah dilakukan pengolahan data hasil pemeriksaan CT scan kepala, thorax dan abdomen untuk rentang usia 0-4 tahun, 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun dengan menggunakan aplikasi Si-INTAN. Dari hasil pengolahan data tersebut diperoleh nilai DRL DLP dan nilai $CTDI_{VOL}$ tertinggi masing-masing, pada CT scan kepala adalah 1732,8 mGycm dan 31,92 mGy, pada CT scan thorax adalah 2450,78 mGycm dan 19,36 mGy, dan untuk CT scan abdomen adalah 3968,85 mGycm dan 19,35 mGy.

Kata kunci: CT scan kepala, thorax dan abdomen, Si-INTAN, DRL dan DLP, $CTDI_{VOL}$

Abstract – CT scan is widely used to diagnose the inside of the human body, so supervision is needed to ensure the health and safety of workers, patients and the public. One surveillance that can be done is to analyze the radiation dose of the patient on CT scan with the application of Si-INTAN. Data processing of the results of CT scan of the head, thorax and abdomen for ages 0-4 years, 5-14 years and ≥ 15 years using the Si-INTAN application. From the results of the data processing, the highest DRL DLP value and $CTDI_{VOL}$ values were obtained, for CT scan heads were 1732,8 mGycm and 31,92 mGy, the CT scan of the thorax was 2450,78 mGycm and 19,36 mGy, and for CT Abdominal Scans were 3968,85 mGycm and 19,35 mGy.

Key words: Head CT scan, thorax, abdomen, Si-INTAN, DRL and DLP, $CTDI_{VOL}$

1. Pendahuluan

Penggunaan alat-alat medis di dunia kedokteran sangat berperan penting. Seiring dengan perkembangan teknologi, keperluan pencitraan dalam radiodiagnostik semakin tinggi. Beberapa pemeriksaan dengan alat-alat medis memanfaatkan sumber radiasi. CT scan, MRI, ultrasonografi, Linac merupakan contoh peralatan yang memanfaatkan sumber radiasi [1]. *Computed Tomography Scan* (CT scan) merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mendiagnosa penyakit pada bagian dalam tubuh manusia dengan memanfaatkan sinar-X. Pemanfaatan sinar-X di bidang kedokteran nuklir merupakan salah satu cara meningkatkan kesehatan masyarakat [2]. CT scan digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya suatu kelainan pada tubuh. CT scan dapat digunakan pada berbagai jenis pemeriksaan seperti pemeriksaan kepala (*head*), rongga dada (*thorax*), rongga perut (abdomen). Pesawat CT scan yang digunakan untuk pemeriksaan adalah CT scan Multi Slice, hasil citra yang diperoleh dapat diolah sesuai dengan diagnosa penyakit sehingga didapatkan gambaran yang optimal agar tercapai diagnosa secara akurat dan menyeluruh [3].

Dengan kualitas hasil gambar CT scan yang baik, maka pemakaian CT scan semakin meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa sangat diperlukan pengawasan untuk menjamin proteksi dan keselamatan pekerja, pasien dan masyarakat. Faktor keselamatan merupakan hal yang penting untuk memperkecil risiko dan dampak yang muncul akibat pemanfaatan radiasi [4]. Salah satu bentuk pengawasan yang dapat dilakukan adalah menganalisa dosis radiasi pasien pada pemeriksaan CT scan dengan aplikasi Sistem Informasi data dosis pasien (Si-INTAN). Penggunaan aplikasi Si-INTAN ini memudahkan

dalam analisa dosis yang diterima pasien dengan *Computed Tomography Dose Index* (CTDI) dan *Dose Length Product* (DLP) pasien. Dari data yang dimasukkan akan diperoleh nilai *Diagnostic Reference Level* (DRL) lokal. Nilai DRL lokal dapat dijadikan sebagai acuan dasar dalam menentukan nilai DRL nasional.

Pada penelitian sebelumnya oleh Zulfatul (2018), tentang “Penentuan *Diagnostic Reference Level* (DRL) dan Kajian Pemilihan *Parameter Exposure* pada CT scan Abdomen di RSUD Dr. Soetomo” menggunakan 4 pesawat pesawat CT scan MSCT 16 slices, 128 slices, 64 slices dan 128 slices. Penelitian tersebut mendapatkan nilai DRL pemeriksaan CT scan abdomen bagi usia anak-anak dan dewasa, namun pada pesawat CT scan 16 slices dan 64 slices tidak dapat diketahui nilai DRL bagi pasien anak karena tidak adanya data pasien anak. Hasil penelitian dapat diketahui bahwa semakin besar usia maka semakin besar pula nilai DRL [5].

Penelitian lainnya oleh Latifah (2019), tentang “Penentuan *Local Diagnostic Reference Level* (LDRL) Pasien Pediatrik pada Pemeriksaan CT Kepala Berdasarkan Nilai *Size-Spesific Dose Estimate* (SSDE)” menggunakan nilai SSDE yang merupakan dosis berdasarkan ukuran geometri pasien sebagai dasar perhitungan LDRL. Penelitian ini dilakukan bagi pasien CT scan kepala usia 0-10 tahun dan dapat diketahui bahwa semakin besar umur pasien akan memperoleh nilai dosis yang besar[6]. Berdasarkan latar belakang tersebut di atas bahwa penting kiranya meneliti tentang analisa dosis radiasi pasien pada pemeriksaan CT scan dengan aplikasi Si-INTAN. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi data DRL dari RSUP Sanglah dan dapat menjadi pedoman pemberian dosis pasien untuk kedepannya.

2. Landasan Teori

2.1 CT scan

CT scan telah mengalami perkembangan, dimulai dari CT scan generasi I hingga generasi VIII. Dalam pemeriksaan di rumah sakit CT scan yang digunakan adalah CT scan generasi VII karena menggunakan *multi array detector*. Dengan model detektor tersebut apabila kolimator dibuka lebih lebar maka akan dapat memperoleh data proyeksi yang lebih banyak dan juga irisan yang lebih tebal sehingga menjadi lebih efisien. CT scan memiliki kemampuan untuk memperhatikan suatu kombinasi dari jaringan pembuluh darah dan tulang secara bersamaan. Dengan demikian CT scan dapat digunakan untuk mendiagnosa penyakit seperti tumor colli, kanker paru, sinusitis, dll.

Pada penelitian ini dibutuhkan dosis yang terdapat pada CT scan, pada penelitian kali ini dibutuhkan data *Dose Length Product* (DLP) dan dibutuhkan juga nilai $CTDI_{VOL}$. $CTDI_{VOL}$ merupakan konsep untuk menghitung jumlah dosis radiasi yang diterima oleh pasien, terutama untuk pemeriksaan dengan menggunakan alat CT scan. $CTDI_{VOL}$ dapat didefinisikan seperti pada persamaan (1) [7].

$$CTDI_{VOL} = CTDI_w \frac{NT}{l} = \frac{CTDI_w}{Pitch} \quad (1)$$

$CTDI_{VOL}$ memiliki satuan mGy dan merupakan indeks dosis profil manusia, NT adalah nominal lebar berkas, I adalah pergerakan meja selama heliscan dan pitch adalah nilai I di bagi dengan NT. Pada penelitian kali ini nilai $CTDI_{VOL}$ didapatkan dari mesin CT scan. Setelah memiliki nilai $CTDI_{VOL}$ dilakukan perhitungan $CTDI_{VOL}$ rata-rata (*average CTDI_{VOL}*) yang akan dimasukkan ke aplikasi Si-INTAN seperti pada persamaan (2) berikut:

$$Average CTDI_{VOL} = \frac{CTDI_{VOL1} + CTDI_{VOL2} + \dots + CTDI_{VOLn}}{N} \quad (2)$$

DLP menggambarkan total energi yang diserap (dan efek biologi) yang diakibatkan oleh pengambilan *scan*. DLP dapat diperoleh dengan persamaan (3)

$$DLP = CTDI_{VOL} \times scan \ length \quad (3)$$

DLP memiliki satuan mGy.cm, $CTDI_{VOL}$ memiliki satuan mGy dan *scan length* adalah panjang bagian yang di periksa (cm). Pada penelitian ini nilai DLP juga didapat dari alat langsung. Setelah mendapatkan nilai DLP perlu dilakukan perhitungan DLP total seperti pada persamaan (4) :

$$Total DLP = DLP1 + DLP2 + \dots + DLP_n \quad (4)$$

2.2 Anatomi Kepala, Thorax dan Abdomen

Kepala terdiri dari tulang kepala, otak dan beberapa organ yang berada di kepala. Tulang kepala itu sendiri terdiri dari gubah tengkorak, dasar tengkorak, dan samping tengkorak. Selain kerangka kepala,

otak juga merupakan bagian dari kepala. Otak terdiri dari otak besar (*cerebrum*), otak kecil (*cerebellum*), otak tengah (*mesensefalon*), otak depan (*diensefalon*) dan jembatan varol [8].

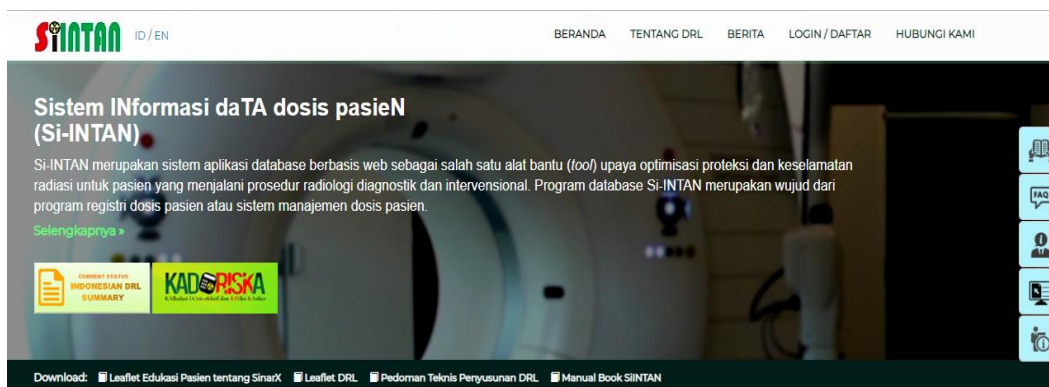
Thorax merupakan rongga yang berbentuk kerucut. Thorax (rongga dada) berisi paru-paru dan mediastinum. Mediastinum adalah ruang didalam rongga dada di antara kedua paru-paru. Thorax terdiri dari sternum, 12 vertebrata thoracalis, 10 pasang iga yang berakhir di anterior dalam segmen tulang rawan dan 2 pasang tulang melayang.

Abdomen adalah rongga terbesar dalam tubuh. Abdomen dimulai dari diafragma sampai pelvis bawah. Rongga abomen dibagi menjadi 2 bagian yaitu abdomen bagian atas dan abdomen bagian bawah. Abdomen bagian atas lebih besar jika dibandingkan dengan abdomen bagian bawah. Batas atas abdomen adalah diafragma, batas bawah abdomen adalah pintu masuk panggul dari panggul besar, batas depan abdomen adalah kedua sisi otot-otot abdominal, tulang-tulang illiaka dan iga-iga sebelah bawah, batas belakang abdomen adalah tulang punggung dan otot psoas dan quadratus lumborum [9]. Abdomen terdiri dari lambung (*stomach*), usus halus (*small intestine*), usus besar (*large intestine*), hati (*liver*), kandung empedu (*gallbladder*), pankreas, ginjal (*kidney*), limpa (*spleen*) [10].

2.3 Si-INTAN

Pemanfaatan radiasi untuk kesehatan di Indonesia menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan, hal tersebut dapat diketahui dari semakin banyaknya modalitas sumber radiasi pengion yang digunakan dan jenis tindakan medis yang dilakukan dengan bantuan radiasi. Penggunaan radiasi tersebut harus dilakukan pengawasan untuk menjamin proteksi dan keselamatan pekerja, pasien dan masyarakat [11].

Salah satu pengawasan yang dapat dilakukan adalah memantau dosis radiasi yang diterima pasien seminimal mungkin. Pada tahun 2014 BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) menyediakan sebuah aplikasi database berbasis web untuk inputan data dosis tiap pemeriksaan CT scan melalui daring yang disebut dengan Si-INTAN. Si-INTAN digunakan sebagai sarana untuk melakukan pemantauan dosis yang diberikan pada pasien dan untuk penyusunan Diagnostic Reference Level (DRL) di tingkat lokal maupun nasional. Data yang diinput pada aplikasi Si-INTAN adalah data $CTDI_{VOL}$ dan data DLP yang bisa didapat dari pesawat CT scan. Pada penginputan data Si-INTAN mematok minimal 20 data pasien dengan pengecualian untuk jenis pemeriksaan yang pasiennya jarang maka diperbolehkan 10 pasien. Penampilan Si-INTAN dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Aplikasi Si-INTAN [8].

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di RSUP Sanglah dengan CT scan Brilliance 64 *Slice*. Data yang diolah adalah jenis pemeriksaan, jenis kelamin, periode pemeriksaan, berat badan, usia dan hasil besaran terukur yaitu DLP dan $CTDI_{VOL}$ pasien. Dalam pengolahan data, pertama dilakukan pemisahan data DLP dan $CTDI_{VOL}$ pasien berdasarkan usia antara 0-4 tahun, 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun. Kemudian dilakukan pemisahan menurut jenis pemeriksaan (*head*, *abdopelvis*, dan *chest*). Data DLP dan $CTDI_{VOL}$ yang telah dipisahkan tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi Si-INTAN. Hasil luarannya adalah berupa DLP dan $CTDI_{VOL}$ rata-rata sesuai dengan kelompok umur untuk setiap jenis pemeriksaan. Salah satu contoh hasil aplikasi Si-INTAN seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

SURVEY REPORT					
RSUP Sanglah					
INDONESIAN NATIONAL DIAGNOSTIC REFERENCE LEVEL SURVEY					
CT SCAN					
HEAD INFO					
Practice Name :	RSUP Sanglah	Age Group:	Adults (15+ years)	Start Date:	03 Oct 2019
Protocol :	CT ABDOMEN	Scanner:	PHILIPS - Brilliance CT 64	End Date:	05 Oct 2019
SETTING					
kVp	120	Rotation Time	0	Reconstruction slice width	
mAs	299	No of Phases	0	Reconstruction Algorithm Kernel	
Pitch		Helical/Axial	Helical/Spiral/Volume	Scan Field of View	0
Contrast	1	Detector Configuration	x	Beam Shape Filter	
Dose Modulation	1	Iterative Constructive	1	Noise Index	
CTDI	vol				
Comments					
SURVEY RESULT					
Dose Metric	DRL (Q3)	Indonesian DRL		Comments	
DLP(mGy.cm)	3968,85	1021,00			
CTDI(mGy)	19,35	0,00			

Gambar 2. Hasil luaran aplikasi Si-INTAN [8].

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil

Hasil pengolahan data CT scan dari pasien di RSUP Sanglah Denpasar dengan menggunakan aplikasi Si-INTAN DRL secara lokal untuk kepala, thorax, dan abdomen untuk rentang usia 0-4 tahun, 5-14 tahun dan usia 15 tahun ke atas seperti pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Tabel DRL lokal CT scan head.

NO	RENTANG USIA (Tahun)	DRL LOKAL		Berat Badan Rerata (Kg)
		DLP Rerata (mGycm)	CTDI _{vol} Rerata (mGy)	
1	0-4	1140,38	27,14	5,45
2	5-14	1629	31,92	31,9
3	≥ 15	1732,8	31,92	56,97

Tabel 2. Tabel DRL lokal CT scan thorax.

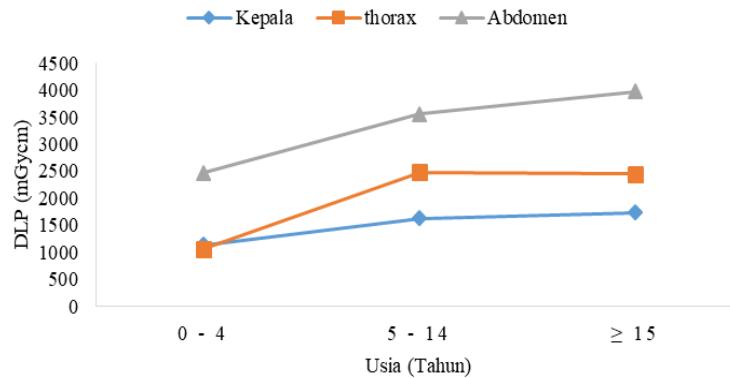
NO	RENTANG USIA (Tahun)	DRL LOKAL		Berat Badan Rerata (Kg)
		DLP Rerata (mGycm)	CTDI _{VOL} Rerata (mGy)	
1	0-4	1060,3	12,94	7,5
2	5-14	2480,6	19,35	30,92
3	≥ 15	2450,78	19,36	55

Tabel 3. Tabel DRL lokal CT scan abdomen.

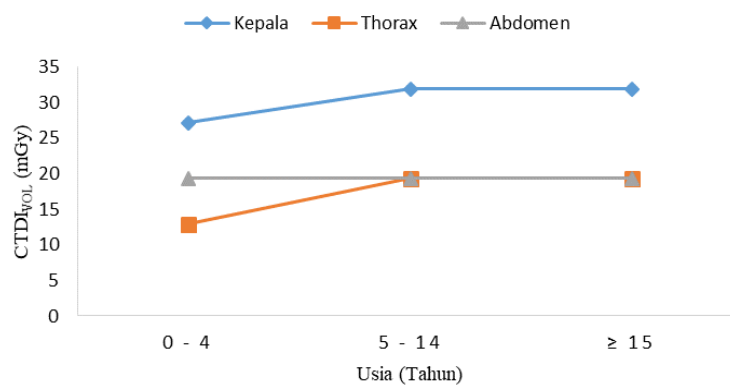
NO	RENTANG USIA (Tahun)	DRL LOKAL		Berat Badan Rerata (Kg)
		DLP Rerata (mGycm)	CTDI _{VOL} Rerata (mGy)	
1	0-4	2469,2	19,35	9,6
2	5-14	3553,1	19,35	24,85
3	≥ 15	3968,85	19,35	58

4.2 Pembahasan

Dari hasil pengolahan data pasien CT scan kepala, thorax dan abdomen dapat diketahui grafik hubungan DLP dan CTDI_{VOL} dengan usia seperti pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Grafik hubungan antara DLP DRL lokal dengan usia pada pemeriksaan CT scan.



Gambar 4. Grafik hubungan antara CTDI_{vol} DRL lokal dengan usia pada pemeriksaan CT scan.

Gambar 3 memperlihatkan kecenderungan nilai DRL lokal dari kepala, thorax dan abdomen terhadap kelompok usia. Telah diketahui bahwa nilai DRL lokal dari kepala untuk usia 0-4 tahun, 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun masing-masing adalah CTDI_{vol} bernilai 27,14 mGy dan DLP bernilai 1140,38 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 31,92 dan DLP bernilai 1629 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 31,92 dan DLP bernilai 1732,8 mGycm. Sedangkan dari Gambar 4 memperlihatkan kecenderungan nilai DRL Nasional dari kepala untuk usia 0-4 tahun, 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun masing-masing adalah CTDI_{vol} bernilai 64 mGy dan DLP bernilai 1430 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 61 mGy dan nilai DLP bernilai 1629 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 65 mGy dan DLP bernilai 1400 mGycm [10]. Dimana hal ini menunjukkan bahwa adanya sedikit perbedaan dari data yang di dapat dan data nasional. Pada pemeriksaan 0-4 tahun dan 5-14 tahun didapat nilai CTDI_{vol} dan DLP yang lebih rendah sedangkan pada usia 15 tahun ke atas didapat nilai CTDI_{vol} yang lebih rendah dari pada data nasional dan nilai DLP yang lebih tinggi.

Nilai DRL lokal dari thorax untuk usia 0-4 tahun, 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun masing-masing adalah CTDI_{vol} bernilai 12,94 mGy dan DLP bernilai 1060,3 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 19,35 mGy dan DLP bernilai 2480,6 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 19,36 dan DLP bernilai 2450,78 mGycm. Sementara itu, nilai DRL Nasional dari thorax untuk usia 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun masing-masing adalah CTDI_{vol} bernilai 14 mGy dan DLP bernilai 443 mGycm dan CTDI_{vol} bernilai 14 mGy dan DLP bernilai 759 mGycm [10]. Dimana untuk usia 0-4 tahun belum adanya data DRL nasional dan diketahui bahwa untuk DLP dan CTDI_{vol} usia 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun memiliki perbedaan yang cukup signifikan dimana nilai DRL lokal lebih besar dari nilai DRL nasional.

Nilai DRL lokal dari abdomen untuk usia 0-4 tahun, 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun masing-masing adalah CTDI_{vol} bernilai 19,35 mGy dan DLP bernilai 2469,2 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 19,35 mGy dan DLP bernilai 3553,1 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 19,35 mGy dan DLP bernilai 3968,85 mGycm. Sementara itu, nilai DRL nasional dari abdomen untuk usia 0-4 tahun, 5-14 tahun dan ≥ 15 tahun masing-masing adalah CTDI_{vol} bernilai 15 mGy dan DLP bernilai 356 mGycm, CTDI_{vol} bernilai 18 mGy dan DLP

bernilai 744 mGycm, $CTDI_{VOL}$ bernilai 20 mGy dan DLP bernilai 1164 mGycm [12]. Dapat diketahui bahwa nilai DRL lokal lebih besar dibandingkan dengan nilai DRL nasional.

Dari pembahasan di atas dapat diketahui bahwa hubungan antara $CTDI_{VOL}$ dan nilai DLP terhadap usia dan berat badan tidak selalu berbanding lurus. Hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang berdampak pada nilai $CTDI_{VOL}$ dan nilai DLP. Salah satu contoh pada pemeriksaan CT scan kepala usia 5-14 tahun terdapat 3 orang pasien yang memiliki berat yang sama dengan usia yang berbeda namun nilai $CTDI_{VOL}$ berbeda, hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya kurang kooperatifnya sehingga perlu dilakukan penyinaran (pemeriksaan) ulang untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Dapat diketahui juga bahwa nilai $CTDI_{VOL}$ dan nilai DLP pada pemeriksaan kepala, thorax dan abdomen memiliki nilai yang berbeda. Hal ini dapat disebabkan oleh bobot jaringan yang dimiliki organ tersebut. Jaringan yang terdapat dalam tiap organ berbeda dan total bobot jaringan pada abdomen merupakan yang paling besar karena abdomen memiliki lebih banyak jaringan hal ini juga pernah diteliti oleh Helga Silvia pada tahun 2013

Dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan pada perbandingan DRL lokal dan DRL nasional, namun tidak dapat dibandingkan secara menyeluruh karena kurang lengkapnya data. Dari pembahasan diatas menunjukkan bahwa perlu dilakukan pendataan ulang secara menyeluruh di Indonesia untuk menentukan nilai DRL nasional agar dapat menjadi acuan untuk memberikan dosis yang tepat kedepannya.

5. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai DRL, DLP dan $CTDI_{VOL}$ tertinggi pada RSUP Sanglah Denpasar masing-masing yaitu, CT scan kepala adalah 1732,8 mGycm dan 31,92 mGy, CT scan thorax adalah 2450,78 mGycm dan 19,36 mGy, dan CT scan abdomen adalah 3968,85 mGycm dan 19,35 mGy. Nilai DRL lokal RSUP Sanglah dan DRL nasional memiliki perbedaan yang cukup besar dan tidak berbanding lurus maupun berbanding terbalik. Perbedaan nilai dosis yang terjadi bukan berarti RSUP Sanglah Denpasar memberikan dosis yang kurang tepat namun dapat juga disebabkan oleh pendataan $CTDI_{VOL}$ dan DLP untuk DRL nasional yang belum menyeluruh dan lengkap.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterimakasih kepada Direktur Utama RSUP Sanglah serta seluruh karyawan RSUP Sanglah Denpasar yang sudah memberi kesempatan kepada peneliti untuk melakukan penelitian. Kepada Bapak dosen di Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Udayana atas bimbingan yang telah diberikan untuk publikasi ini, serta semua pihak yang ikut terlibat untuk membantu terselesaikannya jurnal ini.

Daftar Pustaka

- [1] L. Sofiana, Johan A.E, I. Normahayu, Estimasi Dosis Efektif pada Pemeriksaan Multi Slice CT-Scan Kepala dan Abdomen Berdasarkan Rekomendasi ICRP 103, *Jurnal Fisika FMIPA Universitas Brawijaya*, Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya, Malang, 2012.
- [2] K. Miniati, G.N. Sutapa, I.W. Balik, S, Uji Kelayakan Pesawat Sinar-X Terhadap Proyeksi PA (Postero-Anterior) dan LAT (Lateral) Pada Teknik Pemeriksaan Foto Thorax, *Jurnal Buletin Fisika*, vol.18, no. 1, 2017, pp 27-31.
- [3] Silvia, Helga, Milvita D, Prasetyo H, Helfi. Y, Estimasi Nilai CTDI dan Dosis Efektif Pasien Bagian Head, Thorax dan Abdomen Hasil Pemeriksaan CT Scan Merek Philips Briliance 6, *Jurnal Fisika Unand*, Padang, vol. 2, no.2, 2013.
- [4] I.M Hendra, N.N Rupasih, Pemantauan Dosis Serap Radiasi Sinar-X Pada Pemeriksaan Toraks, *Jurnal Buletin Fisika*, vol. 21, no. 1, 2020, pp 8-13.
- [5] Z. Naili, Penentuan Diagnostic Reference Level (DRL) dan Kajian Pemilihan Parameter Exposure pada CT Scan Abdomen di RSUD Dr. Soetomo, *Skripsi*, D4 Ahli Jenjang Radiologi, Departemen Kesehatan, Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga, Surabaya, 2018.
- [6] L. Risalatul, Penentuan Local Diagnostic Reference Level (LDRL) Pasien Pediatrik pada Pemeriksaan CT Kepala Berdasarkan Nilai Size Specific Dose Estimate (SSDE), *Skripsi*, D4 Ahli Jenjang Radiologi, Departemen Kesehatan, Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga, Surabaya, 2019.

- [7] Perbangkara, Hendya, Estimasi Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan CT Angiografi Coroner, *Skripsi*, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, 2011.
- [8] U. Ida, Kesehatan Otak Modal Dasar Hasilkan SDM Handal, *Jurnal Profesi*, vol. 8, 2012.
- [9] Hoffman, Matthew MD, Human Anatomy, 2014. Available from: <https://www.webmd.com>, diakses 1 Mei 2019.
- [10] Pearce, Evelyn. C, Anatomi dan Fisiologis Untuk Para Medis, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1999.
- [11] R. Suryanti. L. Savitri, W. Susanto, I. Syafitri, Iswandarini, E. Kunarsih, Rusmanto, IB Gede Putra, Manual Penggunaan Si-INTAN Ver. 2.0, P2STPFRZR BAPETEN, Jakarta, 2018.
- [12] J. Valentin, ICRP, Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT): ICRP 102, *Annals of the ICRP*, vol. 77, 2007, pp. 1-79.