

**EVALUASI DOSIS COMPUTED TOMOGRAPHY DOSE INDEX VOLUME (CTDIVOL) DAN DOSE LENGTH PRODUCT (DLP) PADA PEMERIKSAAN MULTISLICE COMPUTERIZED TOMOGRAPHY (MSCT) THORAX DEWASA DI RSU X DENPASAR**

**Anak Agung Aris Diartama<sup>1</sup>, Valey Jeanet Lobang<sup>2</sup>, I Wayan Angga Wirajaya<sup>3</sup>, I Made Sayang Pratista<sup>4</sup>**

<sup>1-4</sup>Akademi Teknik Radiodiagnositik dan Radioterapi Bali

<sup>2</sup>Surya Husadha Hospital

<sup>\*)</sup>Email korespondensi: diartamaaris@gmail.com

**Abstract: Evaluation of CTDI<sub>vol</sub> and DLP Doses in Adult Thorax MSCT Examination at RSU X Denpasar.** CT Scan radiation dose accounts for 70% of the total dose received from medical imaging, the high or low radiation dose received can increase the risk of cancer. To ensure the dose received is commensurate with the medical purpose, the radiation dose to the patient needs to be optimized by applying the Diagnostic Reference Level (DRL) to optimize medical exposure protection for the patient. Evaluation of the MSCT Thorax examination dose and the application of DRL has never been carried out at RSU X Denpasar, Purpose: This study aims to determine the value of DRL MSCT Thorax in non-contrast adults at RSU X Denpasar and compare it with the standards recommended by BAPETEN/IDRL 2021, Method: Type of this study is a quantitative descriptive survey approach, carried out by collecting retrospective data on CTDI<sub>vol</sub> and DLP values from non-contrast adult Thorax MSCT examinations from July 2021 to April 2022. DRL values were calculated in the 3rd quartile (75th percentile) using a descriptive frequency test on the SPSS application, then compared with the latest IDRL value, Results: 3rd quartile value (75th percentile) of CTDI<sub>vol</sub> and DLP non-contrast adult Thorax MSCT examination, namely CTDI<sub>vol</sub> 5.77mGy and DLP 232.73mGy\*cm, Conclusion: DRL value on non-contrast adult Thorax MSCT examination at RSU X Denpasar is still below the recommended standard which shows that the dose The radiation output in this examination practice is within normal limits and is classified as safe.

**Keywords:** CTDI<sub>vol</sub>, DLP, MSCT Thorax, IDRL

**Abstrak: Evaluasi Dosis CTDI<sub>vol</sub> dan DLP pada Pemeriksaan MSCT Thorax Dewasa di RSU X Denpasar.** Dosis radiasi CT Scan menyumbang 70% Total dosis yang diterima dari pencitraan medis, tinggi atau rendahnya dosis radiasi yang diterima dapat meningkatkan risiko kanker. Untuk memastikan dosis yang diterima sebanding dengan tujuan medisnya, dosis radiasi ke pasien perlu dioptimisasi dengan menerapkan *Diagnostic Reference Level* (DRL) untuk mengoptimalkan perlindungan paparan medis bagi pasien. Evaluasi dosis pemeriksaan MSCT Thorax dan penerapan DRL belum pernah dilakukan RSU X Denpasar, Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai DRL MSCT Thorax dewasa non kontras di RSU X Denpasar dan membandingkannya dengan standar yang direkomendasikan oleh BAPETEN/IDRL 2021, Metode: Jenis penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan survey, dilakukan dengan mengumpulkan data retrospektif nilai CTDI<sub>vol</sub> dan DLP dari pemeriksaan MSCT Thorax dewasa non kontras dari bulan Juli 2021 sampai April 2022. Nilai DRL dihitung pada Kuartil 3 (75 persentil) menggunakan uji deskriptif frekuensi pada aplikasi SPSS, kemudian dibandingkan dengan nilai IDRL terbaru, Hasil: Nilai Kuartil 3 (75 persentil) dari CTDI<sub>vol</sub> dan DLP pemeriksaan MSCT Thorax dewasa non kontras yaitu CTDI<sub>vol</sub> 5,77mGy dan DLP 232.73mGy\*cm, Kesimpulan : Nilai DRL pada pemeriksaan MSCT Thorax dewasa non kontras di RSU X Denpasar

masih berada dibawah standar yang direkomendasikan yang menunjukkan bahwa dosis output radiasi dalam praktik pemeriksaan ini berada dalam batas normal dan tergolong aman.

**Kata Kunci :** CTDIvol, DLP, MSCT Thorax, IDRL

## PENDAHULUAN

Modalitas pencitraan di bidang imaging diagnostik CT Scan digunakan untuk membantu menegakkan diagnosa dengan menghasilkan citra *cross-sectional* maupun tiga dimensi dari organ-organ internal dan struktur tubuh dengan resolusi spasial yang baik dan waktu yang lebih cepat (Pratama and Rusmanto, 2020). Keuntungan yang diberikan dari penggunaan modalitas CT Scan menjadikannya sangat diperlukan dalam pemeriksaan radiodiagnostik. Namun penting untuk diperhatikan bahwa dosis radiasi yang dihasilkan dari pemeriksaan CT Scan lebih tinggi dibandingkan dengan modalitas pencitraan lain. Misalnya untuk CT Scan thorax dosis radiasi yang dihasilkan berkisar 5mSv-7mSv sedangkan untuk radiografi konvensional thorax dosis efektif berkisar 0.1 mSv-0,2mSv. CT Scan menyumbang 70% dari total dosis yang diterima dari pencitraan medis (Sari *et al.*, 2020) dengan dosis radiasi efektif per pemeriksaan 5-50 mSv pada tiap organ yang dicitrakan (Mathews *et al.*, 2013) Terlepas dari tinggi atau rendahnya dosis radiasi yang diterima pasien dapat menyebabkan perubahan dalam sistem biologis dan meningkatkan risiko kanker pada pasien (Silvia *et al.*, 2013).

Studi tentang efek radiasi dosis rendah dari paparan radiasi medis pada CT Scan yang dilakukan *Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR)* melaporkan bahwa radiasi dalam kisaran 0-100 mSv diperkirakan dapat menyebabkan kanker dengan estimasi 1 dari 1000 individu akan menderita kanker setelah mendapatkan dosis radiasi 10 mSv (Armao and Smith, 2014). Pasien sebagai obyek perlakuan tindakan medis yang menggunakan sumber radiasi pengion, dosis radiasi yang diberikan kepada pasien tidak dibatasi menggunakan Nilai Batas Dosis karena itu untuk mencegah penerimaan paparan radiasi yang tidak diperlukan dan

dibutuhkan, dosis yang diterima oleh pasien harus dijustifikasi dan dioptimisasi agar sebanding dengan tujuan medisnya (BAPETEN, 2021). Menurut Hall&Brenner,2012 lebih dari 90% dari semua CT Scan dilakukan pada orang dewasa.

*Diagnostic Reference Level (DRL)* pertama kali diperkenalkan oleh *International Commission on Radiological Protection (ICRP)* tahun 1996 sebagai salah satu upaya proteksi dan keselamatan radiasi bagi pasien yang bermanfaat sebagai alat pendukung audit dosis untuk mewujudkan prinsip optimisasi atau ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) (Vano *et al.*, 2017). Indonesia melalui Bapeten telah menetapkan IDRL (*Indonesian Diagnostic Reference Level*) atau "Tingkat Panduan Diagnostik" yang berlaku secara nasional ditentukan pada nilai kuartil 3 (75 persentil3) dari sebaran data dosis yang diperoleh dari fasilitas (BAPETEN, 2021). IDRL dinyatakan dalam CTDIvol (*Computed Tomography Dose Index Volume*) dan DLP (*Dose Length Product*) yang menggambarkan jumlah radiasi CT Scan yang digunakan dalam praktik pemeriksaan CT Scan (Tonkopi *et al.*, 2017; Latifah *et al.*, 2019; Siregar *et al.*, 2020). Dalam penerapannya setiap fasilitas radiologi harus melakukan evaluasi berkala terhadap nilai dosis yang diterimapasien dan membandingkannya dengan *Indonesian Diagnostic Reference Level (IDRL)* terbaru yaitu dalam Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1211/K/V/2021.

Sesuai Perbapeten Nomor 4 Tahun 2020 pasal pasal 46 huruf b bahwa Pemegang Izin wajib menerapkan tingkat panduan diagnostik. Rumah Sakit Umum X Denpasar sebagai fasilitas pelayanan kesehatan atau pemegang izin yang memberikan pelayanan radiologi dengan modalitas MSCT Scan 128 slice sejak 2015 menyediakan

pemeriksaan rutin MSCT Thorax non kontras untuk mengidentifikasi penyakit atau kelainan mediastinum dan paru-paru khususnya selama pandemi *Covid-19*. Namun, selama ini belum pernah dilakukan evaluasi dosis pemeriksaan MSCT Thorax di RSUD X Denpasar. Mengingat kontribusi dosis radiasi CT Scan yang besar dan pentingnya dilakukan upaya optimalisasi bagi pasien, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai DRL MSCT Thorax dewasa non kontras di RSUD X Denpasar dan membandingkannya dengan standar yang direkomendasikan oleh BAPETEN/IDRL 2021. Penelitian ini sudah mendapat persetujuan atau izin dari pihak fasilitas kesehatan tempat dilakukan pengambilan data penelitian.

Dikarenakan alasan tertentu, penulis tidak mempublikasikan nama institusi.

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan survei untuk mengevaluasi nilai CTDI<sub>vol</sub> dan DLP menggunakan jenis data retrospektif dari pemeriksaan MSCT Thorax dewasa (>15 Tahun) selama periode Juli 2021 sampai dengan April 2022. Data tersebut diambil pada bulan Mei 2022 di Instalasi Radiologi RSUD X Denpasar dengan modalitas CT Scan merk Siemens *Somatom Perspective 128 slice*. Parameter pemeriksaan dapat dilihat seperti tabel 1.

**Tabel 1. Parameter pemeriksaan MSCT thorax di RSUD X Denpasar**

Parameter	Rutin	Low Dose
<b>Slice</b>	5 mm dan 8 Mm	5mm
<b>Reff. mAs</b>	50	25
<b>kV</b>	130kV	110kV
<b>Pitch</b>	1,3	1,3
<b>Rotation time</b>	0,6s	0,6s
<b>FOV</b>	300mm	300mm

Penelitian dilakukan dengan melakukan pencatatan nilai CTDI<sub>vol</sub> dan DLP serta parameter pemeriksaan setiap pasien yang muncul pada layar monitor *console* CT Scan atau terintegrasi dengan sistem data DICOM seperti *dose protocol report* atau fitur lain tergantung pabrikan kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Data tersebut dianalisis menggunakan uji Deskriptif Frekuensi pada aplikasi SPSS Statistik V22.0 untuk menentukan nilai kuartil 3 (75 persentil). Selanjutnya nilai kuartil 3 (75 persentil) ini dibandingkan dengan nilai standar yang ditetapkan oleh Bapeten yaitu IDRL (*Indonesian Diagnostic Reference Level*) 2021.

## HASIL

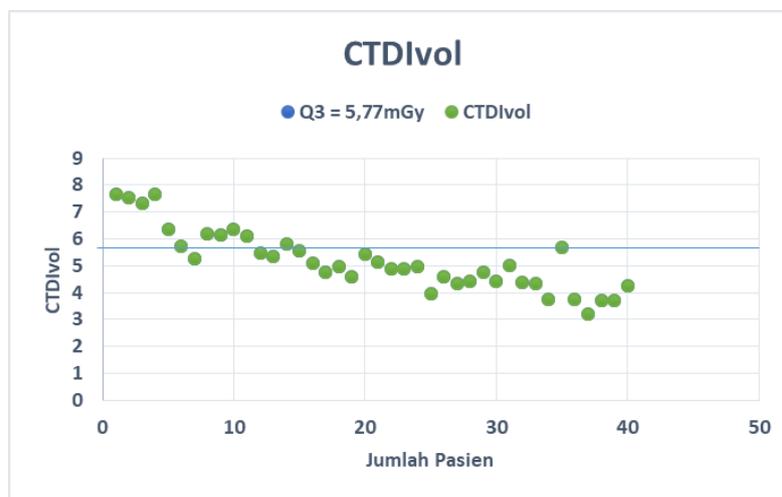
Sebanyak 40 sampel didapat pada rentang waktu penelitian dengan jumlah pasien laki-laki sebanyak 24 pasien dan pasien perempuan sebanyak 16 pasien. Selain nilai CTDI<sub>vol</sub> dan DLP, data mengenai pengaturan parameter pemeriksaan yang digunakan juga dicatat yaitu slice akuisisi 0,6mm, tegangan tabung 130kV, pitch 1,3 dan protokol thorax rutin konstan atau sama diterapkan untuk semua sampel dalam penelitian ini. Parameter yang berbeda yaitu pada Effective mAs, efektif mAs dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Effective mAs pasien laki-laki dan perempuan**

Jenis kelamin	Range eff.mAs	Rata-rata eff.mAs
Laki-Laki	26-69	48.75
Perempuan	33-68	44.69

Berdasarkan tabel 2 diketahui Rata-rata *Eff.mAs* pasien laki-laki lebih besar dari rata-rata *Eff.mAs* pasien perempuan. Untuk pasien laki-laki nilai mAs terendah sebesar 29mAs dihasilkan oleh pasien dengan berat badan terkecil yaitu 42kg dan tertinggi 69mAs

dihasilkan pasien berat badan terbesar 82kg dan untuk pasien perempuan nilai mAs terendah sebesar 33mAs dihasilkan pasien dengan berat badan terkecil 50Kg dan mAs tertinggi 68mAs dihasilkan pasien berat badan terbesar 75Kg.



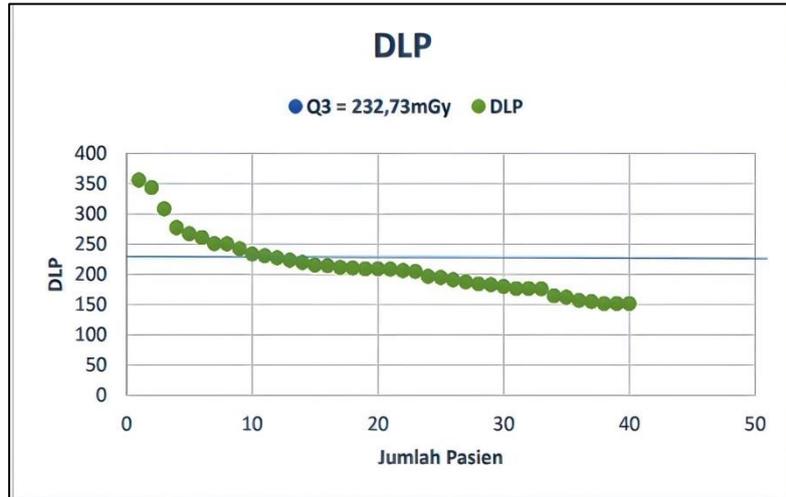
**Gambar 1. Sebaran CTDIVol MSCT thorax dewasa**

Hasil uji Deskriptif Frekuensi dari nilai CTDIVol dan DLP yang telah diperoleh dapat dilihat pada tabel 3. Hasil

Kuartil 3 (75 persentil) pada sebaran data CTDIVol dan DLP secara detail dapat disajikan pada gambar 1 dan 2.

**Tabel 3. Hasil uji deskriptif frekuensi**

Persentil	CTDIVOL	DLP
25	4,38	177,45
50	5.00	208,98
75	5,77	232,73



**Gambar 2. Sebaran DLP MSCT thorax dewasa**

Dari gambar 1 dan 2 terdapat 10 data CTDI<sub>vol</sub> dan 10 data DLP yang berada diatas nilai kuartil 3 (75 persentil) di RSUD X Denpasar dengan nilai CTDI<sub>vol</sub> tertinggi 7,67mGy dan DLP tertinggi 356,1mGy\*cm. Diketahui 10 data nilai CTDI<sub>vol</sub> dan 10 data DLP yang berada di atas kuartil 3 (75 persentil) masing-

masing merupakan data dari 8 pasien laki-laki dan 2 pasien perempuan.

Dikelompokan berdasarkan jenis kelamin, diperoleh kuartil 3 (75 Persentil) dari nilai CTDI<sub>vol</sub> dan DLP pasien laki-laki dan perempuan ditunjukkan pada tabel dibawah.

**Tabel 4. Nilai DRL pasien laki-laki dan pasien perempuan Pemeriksaan Kuartil 3 (75 Persentil)**

MSCT thorax Dewasa	CTDIVOL	DLP
Laki-Laki	6,13mGy	258,53mGy*cm
Perempuan	5,41mGy	206,05mGy*cm

**PEMBAHASAN**

Prosedur pemeriksaan CT Scan menyumbang 70% dari dosis radiasi dalam praktik medis sehingga proteksi bagi pekerja, masyarakat dan pasien sangat diperlukan (Sari *et al.*, 2020). Penerapan *Diagnostik Reference Level* dapat dilakukan sebagai salah satu upaya optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi untuk pasien yang ditetapkan pada kuartil 3 (75 persentil) dari sebaran data dosis CTDI<sub>vol</sub> dan DLP dari setiap fasilitas layanan kesehatan yang berpartisipasi (BAPETEN, 2021). Dalam penelitian ini, Nilai kuartil 3 (75persentil) dari nilai CTDI<sub>vol</sub> dan DLP pada pemeriksaan MSCT Thorax dewasa non

kontras di RSUD X Denpasar terdapat pada tabel 3. diperoleh CTDI<sub>vol</sub> sebesar 5,77mGy dan DLP sebesar 232.73mGy\*cm.

Penelitian ini menggunakan data dari pasien dewasa berusia lebih dari 15 tahun sebagai kontrol karena umur atau usia pasien berpengaruh terhadap nilai CTDI<sub>vol</sub> dan DLP yaitu semakin besar usia maka volume organ tubuh akan semakin besar maka nilai CTDI<sub>vol</sub> yang diterima juga besar (Noor and Normayu, 2014; Yogantara *et al.*, 2021). Berdasarkan nilai DRL pasien laki-laki dan perempuan pada tabel 4. dan sebaran data pada gambar 1 dan 2. menunjukkan bahwa CTDI<sub>vol</sub> dan DLP

pasien laki-laki lebih tinggi dibanding pasien perempuan. Dilihat lebih lanjut pada tabel 2. diketahui pasien laki-laki menerima *eff.mAs* pada pemeriksaan MSCT Thorax lebih besar daripada pasien perempuan, Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pasien laki-laki menerima dosis lebih besar daripada pasien perempuan disebabkan karena pasien laki-laki cenderung memiliki volume organ yang lebih besar dari pasien perempuan (Noor and Normayu, 2014; Yogantara *et al.*, 2021) Penelitian lainnya menyatakan dosis untuk pasien perempuan sedikit lebih kecil daripada pasien laki-laki namun tidak signifikan (Wati *et al.*, 2022).

Modalitas MSCT 128 *slice* di RSU X Denpasar telah dilengkapi *Combined Application to Reduce Exposure Dose 4D (CARE Dose 4D)* yaitu *automated exposure control* yang secara otomatis menyesuaikan arus tabung atau *effective mAs* sesuai dengan ukuran, bentuk dan tingkat atenuasi area penyinaran dengan memastikan kualitas gambar yang tetap konstan dan dosis serendah mungkin (Wati *et al.*, 2022). Penggunaan arus tabung otomatis ini dapat mengurangi 40-50% dosis tanpa mengurangi kualitas citra (Rego *et al.*, 2007; Vano *et al.*, 2017). Metodologi DRL menggunakan berat badan sebagai indikator standar ukuran pasien (Wati *et al.*, 2022). Dalam penelitian ini, pasien dengan berat badan yang tinggi cenderung menggunakan *mAs* yang lebih besar dan menghasilkan CTDI<sub>vol</sub> dan DLP yang tinggi. Hasil ini didukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa arus tabung (*mA*) meningkat sesuai dengan ukuran pasien dengan penggunaan arus tabung otomatis yaitu dosis keluaran radiasi atau CTDI<sub>vol</sub> meningkat untuk ukuran pasien besar dan berkurang untuk ukuran pasien kecil (Christner *et al.*, 2012; Anam *et al.*, 2018; Barreto *et al.*, 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa *CARE Dose 4D* mereduksi dan menambah nilai *mAs* sesuai berat badan tubuh pasien. Penelitian lainnya menyatakan bahwa untuk pasien Indonesia, berat badan

kurang berpengaruh terhadap CTDI<sub>vol</sub> (Wati *et al.*, 2022).

CTDI<sub>vol</sub> dan DLP menggambarkan jumlah radiasi pengion atau dosis keluaran radiasi dari pemeriksaan CT Scan (Vano *et al.*, 2017). CTDI<sub>vol</sub> sangat dipengaruhi oleh parameter penyinaran sehingga CTDI<sub>vol</sub> dan DLP dapat digunakan untuk membandingkan antara keluaran radiasi dari alat CT Scan dan protokol yang berbeda dan mengindikasikan perlu atau tidaknya pengaturan parameter penyinaran yang digunakan dalam optimalisasi protokol (Christner *et al.*, 2012; Anam *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2020). Kedua metrik ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan dosis efektif dan risiko kanker (Sookpeng *et al.*, 2014). Dalam praktiknya, CTDI<sub>vol</sub> dan DLP ditampilkan sebelum dan sesudah penyinaran. Tampilan sebelum penyinaran berguna untuk mengidentifikasi lebih awal malfungsi alat atau pengaturan parameter yang salah dan memperkirakan paparan sebelum pemindaian (Durand and Mahesh, 2012) sehingga bisa dilakukan penyesuaian dan dikurangi bila perkiraan dosisnya tinggi. Sedangkan tampilan sesudah penyinaran menampilkan CTDI<sub>vol</sub> dan DLP dari pengaturan parameter *scan* yang sebenarnya.

Tingkat Panduan Diagnostik (TPD) atau *Indonesian Diagnostic Reference Level (IDRL)* dalam Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1211/K/V/2021 untuk modalitas pesawat sinar-X *CT Scan* dan Radiografi Umum menetapkan nilai standar untuk pemeriksaan MSCT Thorax dewasa non kontras yaitu CTDI<sub>vol</sub> sebesar 11 mGy dan DLP sebesar 430 mGy\*cm (BAPATEN, 2020). Untuk mengetahui apakah nilai DRL di suatu institusi atau fasilitas lebih rendah atau lebih tinggi maka nilai DRL suatu prosedur pemeriksaan di institusi atau fasilitas tersebut harus dibandingkan dengan DRL Nasional dan kemudian dilakukan analisis dan optimisasi (BAPATEN, 2021).

Apabila dibandingkan dengan nilai standar yang ditetapkan oleh

Bapeten/IDRL 2021, nilai kuartil 3 (75 persentil) CTDI<sub>vol</sub> dan DLP pada pemeriksaan MSCT Thorax dewasa selama periode Juli 2021 sampai April 2022 di RSUD X Denpasar masih berada dibawah nilai standar yang ditetapkan oleh Bapeten/IDRL 2021. Dari hasil perbandingan ini diketahui bahwa jumlah keluaran radiasi dalam praktik pemeriksaan MSCT Thorax dewasa non kontras di RSUD X Denpasar berada dalam batas normal dan tergolong aman. Bila nilai DRL lebih rendah dibandingkan dengan DRL Nasional, maka analisis lebih lanjut terhadap kualitas citra harus dilakukan (BAPETEN, 2021). Berdasarkan hasil observasi dari hasil pencitraan yang dilakukan di RSUD X Denpasar menunjukkan nilai kuartil 3 (75 persentil) dari CTDI<sub>vol</sub> dan DLP MSCT Thorax dewasa non kontras lebih rendah dibanding standar yang direkomendasikan namun kualitas gambar yang dihasilkan masih bisa meneggakkan diagnosa. Nilai DRL yang diperoleh ini dapat digunakan sebagai sarana dalam pemantauan maupun pengelolaan dosis bagi pasien di RSUD X Denpasar. Perolehan nilai DRL ini adalah langkah pertama optimisasi proteksi bagi pasien dan merupakan upaya yang berkesinambungan (BAPETEN, 2021). Kesadaran tentang dosis radiasi CT Scan yang besar dan pentingnya perlindungan radiasi bagi pasien sebagai objek tindakan medis, kiranya lebih mendorong para praktisi medis untuk harus selalu mengupayakan dosis radiasi serendah mungkin yang dapat dicapai dengan tetap mempertahankan mutu citra yang optimal.

## KESIMPULAN

Nilai Kuartil 3 (75 persentil) dari CTDI<sub>vol</sub> dan DLP yang diterima pasien pada pemeriksaan MSCT Thorax dewasa non kontras selama periode Juli 2021 sampai dengan April 2022 di RSUD X Denpasar yaitu sebesar CTDI<sub>vol</sub> 5,77mGy dan DLP 232.73mGy\*cm. Nilai ini masih berada dibawah standar yang direkomendasikan BAPETEN/IDRL 2021 yang menunjukkan bahwa jumlah radiasi yang digunakan dalam pemeriksaan

MSCT Thorax di RSUD X Denpasar berada dalam batas normal dan tergolong aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C. et al. (2018) 'Volume Computed Tomography Dose Index (CTDI<sub>vol</sub>) and Size-Specific Dose Estimate (SSDE) for Tube Current Modulation (TCM) in CT Scanning', *International Journal of Radiation Research*, 16(3), pp. 289–297. doi: 10.18869/acadpub.ijrr.16.2.289.
- Armao, D. and Smith, J. K. (2014) 'The Health Risks of Ionizing Radiation from Computed Tomography.', *North Carolina medical journal*, 75(2), pp. 126–131. doi: 10.18043/ncm.75.2.126.
- BAPATEN (2020) *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Pengguna Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensioal*.
- BAPATEN (2021) *Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor: 1211/K/V/2021 Tentang Penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (Indonesian Diagnostic Reference Level) untuk Modalitas Sinar-X CT Scan dan Radiografi Umum*.
- BAPETEN (2021) *Pedoman Teknis Penerapan Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (Indonesian Diagnostic Reference Level)*. Pusat Pengkajian Sistem dan Teknologi Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif Badan Pengawas Tenaga Nuklir.
- Barreto, I. et al. (2020) 'Patient Size Matters: Effect of Tube Current Modulation on Size Specific Dose Estimates ( SSDE ) and Image Quality in Low Dose Lung Cancer Screening CT', *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, (August 2019), pp. 1–8. doi: 10.1002/acm2.12857.
- Christner, J. A. et al. (2012) 'Size-specific Dose Estimates for Adult Patients at CT of the Torso 1', *Radiological Society of north America*, 265(3), pp. 841–847.

- Durand, D. J. and Mahesh, M. (2012) 'Understanding CT Dose Display Volume Computed', *JACR*, 9(9), pp. 669–671. doi: 10.1016/j.jacr.2012.06.003.
- Hall, E. J. and Brenner, D. J. (2012) 'Cancer Risks from Diagnostic Radiology: The Impact of New Epidemiological Data', *The British Journal of Radiology*, 85, pp. 1316–1317. doi: 10.1259/bjr/13739950.
- Latifah, R. et al. (2019) 'Penentuan Local Diagnostic Reference Level (IDRL) Pasien Pediatrik pada Pemeriksaan CT Kepala Berdasarkan Nilai Size-Specific Dose Estimates (SSDE)', *Journal of Vocational Health Studies* 02, 02, pp. 127–133. doi: 10.20473/jvhs.V2I3.2019.127-133.
- Mathews, J. D. et al. (2013) 'Cancer Risk in 680 000 People Exposed to Computed Tomography Scans in Childhood or Adolescence: Data Linkage Study of 11 Million Australians', *BMJ (Online)*, 346(7910), pp. 1–18. doi: 10.1136/bmj.f2360.
- Noor, J. A. . and Normayu, I. (2014) 'Dosis Radiasi dari Tindakan CT-Scan Kepala', *Journal of Environmental Engineering&Sustainable Technology*, 01(02), pp. 84–91.
- Pratama, I. B. G. P. and Rusmanto (2020) 'Establishment Diagnostic Reference Level for CT- Scan Procedure in Indonesia', *In Journal of Physics: Conference Series*, 1505(1), pp. 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1505/1/012037.
- Rego, S. L. et al. (2007) 'CARE Dose4D CT Automatic Exposure Control System: Physics Principles and Practical Hints', in *Radiological Society of North America 2007 Scientific Assembly and Annual Meeting.*, pp. 4–4.
- Sari, D. A. et al. (2020) 'Analisis Nilai Computed Tomography Dose Index (CTDI) Phantom Kepala Menggunakan CT Dose Profiler dengan Variasi Pitch', *Berkala Fisika*, 23(2), pp. 42–48.
- Silvia, H. et al. (2013) 'Estimasi CTDI dan Dosis Efektif Pasien Bagian Head , Thorax dan Abdomen Hasil Pemeriksaan CT-Scan Merek Philips Briliance 6', *Jurnal Fisika Unand*, 2(2), pp. 128–134.
- Siregar et al. (2020) 'Analisis Dosis Radiasi Pasien Pada Pemeriksaan CT Scan Menggunakan Aplikasi Si-INTAN', *Buletin Fisika*, 21(2), pp. 53–59.
- Sookpeng, S. et al. (2014) 'Relationships Between Patient Size, Dose and Image Noise Under Automatic Tube Current Modulation Systems', *Journal of Radiological Protection*, 34, pp. 103–123. doi: 10.1088/0952-4746/34/1/103.
- Tonkopi, Elena et al. (2017) 'Diagnostic Reference Levels and Monitoring Practice Can Help Reduce Patient Dose from CT Examinations', *American Journal of Roentgenology*, 208(5), pp. 1073–1081. doi: 10.2214/AJR.16.16361.
- Vano, E. et al. (2017) 'ICRP publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging', *Annals of the ICRP*, 46(1), pp. 1–144. doi: 10.1177/0146645317717209.
- Wati, A. L. et al. (2022) 'Correlations Between Body Weight and Size-Specific Dose Estimate on Thoracic Computed Tomography Examination', *Atom Indonesia*, 48(1), pp. 61–65. doi: 10.17146/aij.2022.1114.
- Xu, J. et al. (2020) 'Size-Specific Dose Estimates of Radiation Based on Body Weight and Body Mass Index for Chest and Abdomen-Pelvic CTs', *BioMed Research International*, 2020, pp. 1–8. doi: 10.1155/2020/6046501.
- Yogantara, G. A. K. P. et al. (2021) 'Analisis Dosis Efektif pada Pemeriksaan Komputer Tomography (CT) Scan Kepala di RSUD Sanjiwani Gianyar', *Buletin Fisika Vol*, 22(2), pp. 53–59.
- Zarb, F., Rainford, L. and Mcentee, M. F. (2010) 'AP Diameter Shows the Strongest Correlation with CTDI And DLP in Abdominal and Chest CT', *Radiation Protection Dosimetry*, 140(3), pp. 266–273.