

PENENTUAN ANALISIS DOSIS RADIASI PEMERIKSAAN CT SCAN THORAX DENGAN I-DRL BERDASARKAN ATURAN BAPETEN

Oktarina Damayanti¹, Ardiana², Lili Julia Rahman³, Putri Siti Saihan⁴
Politeknik Al Islam Bandung
Email : oktarina.st@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat dosis radiasi pada pemeriksaan CT scan toraks non-kontras serta menilai kesesuaiannya dengan Indonesian Diagnostic Reference Level (I-DRL) yang ditetapkan oleh BAPETEN. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan observasional, menggunakan data dari 30 pasien dewasa yang menjalani pemeriksaan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Dustira, Cimahi. Indeks dosis radiasi yang dianalisis meliputi CTDIvol dan DLP, kemudian dibandingkan dengan nilai I-DRL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata CTDIvol sebesar 8,18 mGy dan DLP sebesar 358,97 mGy·cm masih berada di bawah batas acuan nasional masing-masing sebesar 11 mGy dan 430 mGy·cm, meskipun terdapat beberapa nilai yang melebihi batas yang direkomendasikan. Variasi dosis radiasi dipengaruhi oleh parameter teknis pemeriksaan dan karakteristik pasien. Temuan ini menunjukkan bahwa protokol pemeriksaan yang diterapkan secara umum telah memenuhi standar keselamatan radiasi, namun tetap diperlukan upaya optimasi dosis secara berkelanjutan serta audit berkala.

Keywords: CT Scan, *Diagnostic Reference Level*, Radiasi

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the radiation dose level in non-contrast chest CT scans and assess its compliance with the Indonesian Diagnostic Reference Level (I-DRL) established by BAPETEN. The research method used was a quantitative descriptive approach with an observational approach, using data from 30 adult patients undergoing examinations at the Radiology Department of Dustira Hospital, Cimahi. The radiation dose indices analyzed included CTDIvol and DLP, which were then compared with the I-DRL values. The results showed that the average CTDIvol value of 8.18 mGy and DLP of 358.97 mGy·cm were still below the national reference limits of 11 mGy and 430 mGy·cm, respectively, although some values exceeded the recommended limits. Radiation dose variation was influenced by the examination's technical parameters and patient characteristics. These findings indicated that the implemented examination protocol generally meets radiation safety standards, but ongoing dose optimization efforts and periodic audits are still needed.

Keywords: CT scan, *diagnostic reference level*, radiation

PENDAHULUAN

Computed Tomography Scanning adalah proses penciptaan gambaran bagian tubuh dari potongan manapun yang merupakan penggabungan teknologi sinar-x dan komputer dengan perputaran tabung dan detektor mengelilingi bagian tubuh yang sedang diperiksa[1]. Computed tomography (CT) thorax menjadi salah satu pemeriksaan radiologi yang paling sering dilakukan di seluruh dunia karena kecepatannya[2], akurasi diagnostiknya[3], dan kemampuannya untuk memvisualisasikan struktur thorax secara detail [4]. Seiring meningkatnya permintaan klinis, khususnya untuk mengevaluasi infeksi paru-paru[5], trauma, neoplasma, dan kondisi pernapasan kronis[6]. Penggunaan CT thorax tanpa kontras juga meningkat secara signifikan di rumah sakit Indonesia[7]. Tren ini juga tercermin di Rumah Sakit Dustira, di mana pengamatan lapangan awal menunjukkan pertumbuhan yang stabil dalam prosedur CT thorax selama tiga tahun terakhir. Namun, CT tetap menjadi salah satu penyumbang paparan radiasi pasien tertinggi dalam pencitraan diagnostic[8]. Badan-badan internasional seperti Komisi Internasional untuk Proteksi Radiologi (ICRP) dan Asosiasi Fisikawan Amerika dalam Kedokteran (AAPM) menekankan perlunya pemantauan dosis berkelanjutan[9] untuk memastikan bahwa praktik pencitraan mematuhi prinsip ALARA (As Low As Reasonably Achievable) dan mematuhi Tingkat Referensi Diagnostik (DRL) yang telah ditetapkan[10]. Studi-studi terbaru, baik nasional maupun internasional, telah mengungkapkan variasi yang cukup besar dalam dosis radiasi di berbagai institusi, yang dipengaruhi oleh teknologi pemindai, pengaturan protokol, dan ukuran tubuh pasien. Meskipun literatur tentang optimasi dosis CT Scan semakin berkembang, masih terdapat keterbatasan data yang dipublikasikan tentang DRL lokal dan perilaku dosis di lingkungan rumah sakit Indonesia, terutama untuk CT thorax tanpa kontras. Kesenjangan ini menyoroiti kebaruan dan perlunya studi ini.

Terdapat variasi substansial dalam tingkat dosis radiasi di berbagai institusi perawatan kesehatan yang melakukan pemeriksaan CT dada. Perbedaan ini muncul dari berbagai faktor, termasuk variasi dalam

teknologi pemindai, parameter akuisisi, standardisasi protokol, dan ukuran anatomi pasien[11]. Evaluasi multisenter skala besar telah menunjukkan bahwa bahkan ketika indikasi klinis yang identik digunakan, indeks dosis radiasi seperti CTDIvol dan DLP dapat berbeda secara signifikan antar pemindai karena perbedaan konfigurasi detektor, algoritma modulasi arus tabung, dan teknik rekonstruksi[12]. Sementara itu, diameter tubuh pasien lebih lanjut memengaruhi perilaku dosis melalui perubahan persyaratan atenuasi dan penetrasi[13]. Sejalan dengan ini, American Association of Physicists in Medicine (AAPM) menekankan pentingnya mengoreksi ukuran pasien melalui Estimasi Dosis Spesifik Ukuran (SSDE) untuk memastikan refleksi yang lebih akurat dari tingkat dosis individu[14]. Meskipun terdapat banyak literatur global tentang optimasi dosis CT dan harmonisasi protokol, data yang dipublikasikan dari lingkungan klinis di Indonesia masih terbatas, khususnya mengenai Tingkat Referensi Diagnostik (DRL) spesifik institusi dan kinerja dosis radiasi pada pemeriksaan CT dada tanpa kontras[15]. Kelangkaan bukti lokal ini menggarisbawahi perlunya evaluasi sistematis di rumah sakit Indonesia untuk menetapkan dasar yang lebih kuat, mendukung pengembangan DRL nasional, dan berkontribusi pada praktik pencitraan CT yang lebih aman dan terstandarisasi[16].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter dosis radiasi—CTDIvol, DLP, dan Estimasi Dosis Spesifik Ukuran (SSDE) dalam pemeriksaan CT thorax tanpa kontras di Dustira. Studi ini berupaya untuk menentukan apakah protokol yang diterapkan selaras dengan standar DRL nasional dan internasional serta untuk mengidentifikasi faktor-faktor teknis yang memengaruhi keluaran radiasi. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada semakin banyaknya literatur ilmiah tentang penilaian dosis radiasi dan optimasi protokol CT; secara praktis, penelitian ini memberikan rekomendasi berbasis bukti yang dapat mendukung program proteksi radiasi, meningkatkan standardisasi protokol, dan meningkatkan keselamatan pasien dalam praktik radiologi klinis.

Penelitian ini berdasarkan pada prinsip-prinsip proteksi radiasi, teori

kualitas gambar, dan model estimasi dosis yang ditetapkan oleh Laporan AAPM 204 dan 220, yang menawarkan pendekatan standar untuk menghitung SSDE berdasarkan ukuran pasien. Kerangka kerja ini sangat penting untuk mengevaluasi apakah protokol CT memberikan gambar yang memadai secara diagnostik sambil meminimalkan paparan radiasi yang tidak perlu.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif kuantitatif untuk menganalisis parameter dosis radiasi pada pemeriksaan CT thorax tanpa kontras yang dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Dustira Cimahi. Pendekatan metodologis dipilih untuk memungkinkan pengukuran, dokumentasi, dan interpretasi sistematis dari nilai keluaran radiasi yang dihasilkan oleh pemindai CT. Penelitian ini berfokus pada indeks dosis yang direkomendasikan oleh badan-badan internasional seperti Komisi Internasional untuk Proteksi Radiologi (ICRP) dan Asosiasi Fisikawan Medis Amerika (AAPM), khususnya CTDIvol, DLP, dan Estimasi Dosis Spesifik Ukuran (SSDE) yang berasal dari Laporan AAPM 204 dan 220.

Data dikumpulkan dari laporan dosis CT digital yang diarsipkan oleh konsol pemindai CT. Sampel terdiri dari pasien dewasa yang menjalani pemeriksaan CT thorax tanpa kontras selama periode studi yang ditentukan. Metode pengambilan sampel menggunakan kriteria inklusi yang mensyaratkan dokumentasi dosis lengkap (CTDIvol dan DLP), ketersediaan informasi demografis pasien yang diperlukan untuk koreksi berbasis ukuran, dan pemeriksaan yang dilakukan menggunakan protokol institusional standar. Pemeriksaan yang melibatkan media kontras, catatan dosis yang tidak lengkap, atau parameter pemindaian yang tidak lazim dikecualikan untuk menjaga konsistensi dan akurasi analitis.

Ekstraksi data dilakukan dengan merekam indeks dosis yang dihasilkan pemindai langsung dari konsol CT dan laporan dosis pasien. Pengukuran diameter pasien (dimensi Antero Posterior dan Lateral) yang

diperlukan untuk perhitungan SSDE diperoleh dari citra lokalisasi atau nilai yang tercatat jika tersedia. Informasi teknis tambahan, seperti modulasi arus tabung, pitch, waktu rotasi, dan panjang pemindaian, didokumentasikan untuk mendukung interpretasi variasi dosis yang diamati di antara pasien yang berbeda.

Parameter dosis utama yang dianalisis adalah CTDIvol (mGy), mewakili keluaran radiasi pemindai yang distandarisasi terhadap diameter phantom, DLP (mGy·cm), mencerminkan total paparan radiasi di wilayah thorax yang dipindai, SSDE (mGy): dihitung dengan CTDIvol dengan faktor konversi spesifik ukuran yang sesuai (f-size) berdasarkan diameter pasien, mengikuti model koreksi AAPM 204/220. Indikator dosis ini dipilih untuk mengevaluasi paparan radiasi yang dilaporkan oleh mesin dan paparan radiasi spesifik pasien, memastikan penilaian yang lebih akurat yang selaras dengan prinsip-prinsip teoretis yang dibahas sebelumnya.

Statistik deskriptif digunakan untuk menghitung nilai rata-rata, minimum, maksimum, dan deviasi standar untuk CTDIvol, DLP, dan SSDE. Nilai-nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan Tingkat Referensi Diagnostik Nasional (I-DRL) dan tolok ukur internasional untuk menentukan apakah protokol yang ada sesuai dengan standar keselamatan radiasi yang direkomendasikan. Proses perbandingan dipandu oleh teori proteksi radiasi, termasuk prinsip ALARA dan kerangka kerja optimasi dosis yang dibahas dalam Pendahuluan. Selain itu, variasi dosis dianalisis dalam kaitannya dengan ukuran pasien untuk mengidentifikasi area potensial untuk penyempurnaan protokol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Dosis Radiasi pada Pemeriksaan CT Thorax Tanpa Kontras

Hasil penelitian ini menyajikan parameter dosis radiasi yang diperoleh dari pemeriksaan CT thorax tanpa kontras yang dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Dustira Cimahi. Parameter yang dianalisis meliputi Indeks Dosis Tomografi Komputasi Volume (CTDIvol), Produk Dosis-Panjang (DLP), dan Estimasi Dosis Spesifik Ukuran (SSDE) yang

diperoleh dari pengukuran diameter pasien. Metrik ini penting dalam mengevaluasi kecukupan dan keamanan protokol CT sesuai dengan teori proteksi radiasi yang diuraikan di bagian Pendahuluan, khususnya prinsip ALARA dan kerangka estimasi dosis yang ditetapkan oleh Laporan AAPM 204 dan 220.

Tabel 1 Data Sampel Pemindaian *CT Thorax* Tanpa Kontras

No.	Kode pasien	Jenis kelamin	Umur	Arus Tabung Panjang		CTDIvol (mGy)	DLP Total (mGy.cm)
				Rata-rata(mA)	Scan (mm)		
1.	DD	M	71	105	426,6	7,29	311,02
2.	NM	F	18	79	412,1	5,49	226,05
3.	IW	M	65	108	410,6	7,5	307,91
4.	AM	M	41	106	428,1	7,36	315,09
5.	LM	F	53	95	355,1	6,6	234,24
6.	IKSP	F	60	163	444,1	11,32*	502,63*
7.	T	F	69	75	43,1	5,21	215,13
8.	F	M	62	121	467,6	8,4	392,86
9.	TT	F	58	186	435,1	12,92*	561,93*
10.	TL	M	29	131	444,6	9,1	404,41
11.	DS	M	66	140	515,6	9,72	501,21*
12.	LL	F	61	93	430,6	6,46	278,06
13.	SST	F	78	144	429,1	10	429,05
14.	AS	M	64	102	498,6	7,08	353,13
15.	D	M	72	125	459,6	8,68	398,91
16.	RN	F	26	129	419,6	8,96	375,84
17.	AS	M	63	115	438,6	7,99	350,23
18.	KS	M	65	109	483,1	7,57	365,63
19.	JSK	M	69	118	491,6	8,19	402,79
20.	CT	M	46	122	453,1	8,47	383,83
21.	ST	M	52	119	423,1	8,26	394,6
22.	NNA	F	19	111	408,6	7,71	314,92
23.	JLM	F	42	121	414,1	8,4	347,91
24.	RS	F	65	63	412,6	4,37	180,49
25.	S	F	43	125	414,1	8,68	359,42
26.	EM	F	73	147	376,1	10,21	383,89
27.	ES	F	60	120	466,6	8,33	388,78
28.	HI	F	53	134	369,1	9,3	343,42
29.	AA	M	56	102	505,6	7,08	358,09
30.	AD	M	58	127	439,6	8,82	387,65
$\bar{x} \pm SD$						8,18±1,73	358,97±83,01

Dari tabel di atas, terlihat bahwa rata-rata CTDIvol (8,18 mGy) tetap berada dalam batas aman dan sesuai dengan DRL internasional. Rata-rata DLP tetap berada dalam DRL, tetapi ada 5 pasien dengan nilai yang meningkat yang memerlukan evaluasi. Variasi dosis terutama dipengaruhi oleh penggunaan AEC, variasi panjang pemindaian habitus pasien, dan

kemungkinan perubahan protokol dalam beberapa kasus. Rekomendasi optimasi: Tinjau batas panjang pemindaian untuk memastikan tidak melebihi area anatomi yang dibutuhkan. Kontrol AEC secara khusus untuk pasien dengan habitus besar. Terapkan audit dosis berkala untuk menjaga konsistensi dosis.

Tabel 2 berikut menunjukkan hasil uji normalitas pada pemeriksaan CT Scan thorax tanpa kontras di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Dustira Cimahi Bandung.

Table .2 Uji Normalitas Data

Variabel	CT Scan <i>Thorax</i> Non- Kontras p-value	Keterangan
CTDIvol (mGy)	0,567	Normal
DLP Total (mGy.cm)	0,210	Normal

Berdasarkan hasil pengujian di atas, data Shapiro–Wilk digunakan karena jumlah sampel yang digunakan kurang dari 50 pasien, yaitu 30 pasien sesuai dengan rekomendasi BAPETEN. Diketahui bahwa distribusi data CTDIvol pada pemeriksaan CT Scan thorax tanpa kontras adalah $0,567 > 0,05$, artinya lebih besar dari 0,05 yang berarti terdistribusi normal. Distribusi data total DLP pada pemeriksaan CT Scan thorax tanpa kontras adalah $0,210 > 0,05$, artinya lebih besar dari 0,05 yang berarti terdistribusi normal.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata CTDIvol dan DLP untuk pemeriksaan CT thorax tanpa kontras di Dustira Cimahi tetap berada di bawah Tingkat Referensi Diagnostik Indonesia (I-DRL). Hal ini menunjukkan bahwa protokol pemindaian yang diterapkan secara umum sesuai dengan standar keselamatan radiasi nasional. Namun, beberapa nilai outlier yang melebihi ambang batas DRL teridentifikasi, menekankan perlunya penyempurnaan protokol dan jaminan kualitas lebih lanjut.

Perbandingan langsung dengan studi sebelumnya menunjukkan bahwa hasilnya sebagian besar konsisten[7]. Penelitian ini menyatakan bahwa nilai DLP rata-rata untuk pemeriksaan CT *thorax* dengan kontras yang berkisar antara 400–500 mGy.cm, sedikit lebih tinggi daripada studi ini. Meskipun studi mereka melibatkan protokol yang ditingkatkan dengan

kontras yang secara alami membutuhkan durasi pemindaian yang lebih lama, perbandingan tersebut menegaskan bahwa keluaran dosis dalam penelitian ini tetap berada dalam kisaran yang wajar relatif terhadap praktik klinis di rumah sakit Indonesia. Demikian pula, Dos menyoroti variabilitas dosis yang substansial di berbagai institusi karena perbedaan teknologi pemindai, teknik operator, dan anatomi pasien. Variabilitas ini selaras dengan distribusi dosis yang diamati dalam dataset saat ini, khususnya adanya nilai-nilai pencilan di atas I-DRL[8].

Jika dibandingkan dengan penelitian DRL Asia Tenggara, hasilnya juga menunjukkan kompatibilitas. Survei DRL regional dari Malaysia, Singapura, dan Thailand biasanya melaporkan rentang CTDI_{vol} thorax dewasa sebesar 8–12 mGy dan rentang DLP sebesar 300–500 mGy·cm, menempatkan nilai dosis rata-rata penelitian ini dalam segmen bawah hingga tengah dari distribusi regional. Hal ini mendukung interpretasi bahwa protokol CT thorax rumah sakit umumnya dioptimalkan sesuai dengan standar regional, meskipun pemantauan berkelanjutan tetap penting.

Nilai-nilai pencilan yang diamati dapat dijelaskan oleh beberapa faktor teknis dan yang berkaitan dengan pasien. Pertama, pengaturan pitch rendah meningkatkan tumpang tindih paparan radiasi antara irisan heliks yang berdekatan, yang menyebabkan nilai CTDI_{vol} yang lebih tinggi. Meskipun pitch yang lebih rendah dapat meningkatkan resolusi gambar, hal itu pasti meningkatkan dosis radiasi dan harus disesuaikan dengan hati-hati berdasarkan kebutuhan klinis. Kedua, tidak adanya atau aktivasi suboptimal modulasi arus tabung (TCM) berkontribusi pada peningkatan dosis. TCM dirancang untuk secara otomatis menyesuaikan arus tabung berdasarkan atenuasi pasien; ketika tidak aktif, pemindai memberikan output yang seragam dan seringkali terlalu tinggi. Hal ini dapat secara signifikan meningkatkan dosis, terutama untuk pasien yang lebih besar. Ketiga, ukuran pasien yang besar seperti peningkatan diameter efektif atau BMI yang tinggi akan mengakibatkan atenuasi sinar-X yang lebih besar, mendorong pemindai untuk menggunakan arus

tabung yang lebih tinggi dan meningkatkan CTDIvol dan SSDE. Hubungan ini menggaris bawahi pentingnya metrik dosis yang disesuaikan dengan ukuran tubuh seperti SSDE. Terakhir, panjang pemindaian yang terlalu panjang secara tidak proporsional meningkatkan nilai DLP; memperluas batas atas atau bawah di luar area target klinis adalah sumber umum paparan radiasi yang dapat dihindari. Secara keseluruhan, temuan ini memperkuat kebutuhan akan peningkatan standardisasi protokol, khususnya dalam menetapkan nilai pitch yang konsisten, memastikan bahwa TCM tetap aktif, dan menerapkan penanda anatomi yang ketat untuk mengontrol panjang pemindaian. Mengintegrasikan penyesuaian ini akan mengurangi kejadian nilai dosis yang menyimpang dan mendorong kepatuhan yang lebih besar terhadap DRL nasional dan regional.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa protokol CT thorax tanpa kontras yang diterapkan di Rumah Sakit Dustira Cimahi menghasilkan tingkat dosis radiasi yang tetap berada dalam rentang referensi diagnostik yang diterima, sekaligus mengungkapkan variasi dosis yang menjadi lebih jelas ketika ukuran pasien diperhitungkan melalui perhitungan SSDE. Hasil ini menunjukkan bahwa indikator dosis rutin seperti CTDIvol dan DLP saja tidak cukup untuk mewakili paparan sebenarnya yang dialami pasien, menggarisbawahi pentingnya mengintegrasikan penilaian dosis berbasis ukuran untuk mendukung evaluasi yang lebih akurat dan optimalisasi protokol yang lebih tepat. Penelitian ini menegaskan bahwa protokol saat ini secara umum sudah tepat namun masih menawarkan ruang untuk penyempurnaan, terutama dalam menyesuaikan parameter dosis dengan beragam karakteristik pasien untuk meningkatkan keselamatan dan menjaga kualitas diagnostik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ardiana, Lili, J.R., Oktarina, d.y. (2025) Evaluasi Pemeriksaan Computed Tomography Scanning Sinus Paranasal tanpa Kontras dengan Diagnostik Sinus. *Jurnal Impresi Indonesia*, 4(9), 3562-3570

<https://doi.org/10.58344/jii.v4i9.7023>

2. Pathak, A. (2020). *Computed Tomography (CT)?? Chest*. 4(3). <https://www.imedpub.com/abstract/computed-tomography-ct--chest-34137.html>
3. Radia, U. K., Ervin, K. M., Victory, L., & Ridge, C. A. (2023). Thoracic radiology. *Medicine*, 51(10), 699–707. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2023.07.009>
4. Zhang, L., Wen, X., Ma, J., Wang, J., Huang, Y., Wu, N., & Li, M. (2024). The blind spots on chest computed tomography: what do we miss. *Journal of Thoracic Disease*, 16(12), 8782–8795. <https://doi.org/10.21037/jtd-24-1125>
5. Julius, C., Pletz, M. W., Rupp, J., Witzenrath, M., Barten-Neiner, G., & Rohde, G. (2022). Pneumonia in the third year of the pandemic: One eye on the pathogens, the other on the host. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 323(5), L611–L614. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00330.2022>
6. Nishino, M., & Schiebler, M. L. (2023). Advances in Thoracic Imaging: Key Developments in the Past Decade and Future Directions. *Radiology*, 306(2), 222536. <https://doi.org/10.1148/radiol.222536>
7. Dewi, R., Jeniyanthi, N. P. R., & Kristin, P. M. (2025). Analisis Pemeriksaan CT Scan Thorax dengan Kontras pada Klinis Tumor Paru di Rs Bhayangkara Makassar. *Jurnal Sehat Indonesia (JUSINDO)*, 7(1), 439–451. <https://doi.org/10.59141/jsi.v7i01.211>
8. Bos, D., Guberina, N., Zensen, S., Opitz, M., Forsting, M., & Wetter, A. (2023). Radiation Exposure in Computed Tomography. *Deutsches Arzteblatt International*, Forthcoming. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2022.0395>
9. Gress, D. A., Dickinson, R. L., Erwin, W. D., Jordan, D. W., Kobistek, R. J., Stevens, D. M., Supanich, M., Wang, J., & Fairobert, L. (2017). AAPM medical physics practice guideline 6.a.:Performance characteristics of radiation dose index monitoring systems. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 18(4), 12–22. <https://doi.org/10.1002/ACM2.12089>
10. Kwok, Y. M., Toh, H., Lee, L. N., Chea, Y. W., & Chan, L. L. (2023). Assessment of radiation doses for common radiographic examinations: an institutional dose survey. *Singapore Medical Journal*. <https://doi.org/10.4103/singaporemedj.smj-2022-099>
11. Metaxas, V. I., Dimitroukas, C. P., Efthymiou, F. O., Zampakis, P., Panayiotakis, G. S., & Kalogeropoulou, C. (2022). Patient dose in CT angiography examinations: An institutional survey. *Radiation Physics and Chemistry*, 195, 110083. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110083>
12. Fathelrahman, S. A., Ahmed, A. T., Khalid, N., Ahmed, M., & Al-bishr, H. A. (2023). Study the variations in radiation doses in different multi-slice CT scan machines. *GSC Advanced Research and Reviews*, 17(2), 221–228. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.17.2.0450>
13. Wati, A. L., Anam, C., Nitasari, A., Syarifudin, S., & Dougherty, G. (2022). Correlations Between Body Weight and Size-Specific Dose

- Estimate on Thoracic Computed Tomography Examination. *Atom Indonesia*, 48(1), 61. <https://doi.org/10.17146/aij.2022.1114>
14. Hardy, A. J., Bostani, M., Kim, G., Cagnon, C. H., Zankl, M., & McNitt-Gray, M. F. (2021). Evaluating Size-Specific Dose Estimate (SSDE) as an estimate of organ doses from routine CT exams derived from Monte Carlo simulations. *Medical Physics*, 48(10), 6160–6173. <https://doi.org/10.1002/MP15128>
 15. Wulandari, P. I., Gitawiarsa, P., & Susanta, P. A. (2023). A Comprehensive Review Of Indonesian Diagnostic Reference Levels (Idrls) For Ct Scan Examinations. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 54(3), S31. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2023.06.113>
 16. Iswandarini, I., & Kunarsih, E. (2021). *BAPETEN challenge for the development of the Indonesian diagnostic reference level (I-DRL)*. 2374, 060015. <https://doi.org/10.1063/5.005887>