

EVALUASI DOSIS RADIASI PADA PEMERIKSAAN RADIOGRAFI THORAX

Putu Irma Wulandari¹, Ni Putu Rita Jeniyanthi², I Made Lana Prasetya³, I Putu Adi Susanta⁴, I Putu Eka Juliantara⁵, A.A Aris Diartama⁶

Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali^{1,2,3,5,6}, RSUP Prof. I.G.N.G Ngoerah Denpasar⁴

*Corresponding Author : irma@atro-bali.ac.id

ABSTRAK

Dosis radiasi yang diterima pasien pada pemeriksaan Thorax bisa bervariasi antara satu rumah sakit dengan rumah sakit lainnya. Untuk itu, pemerintah Indonesia melalui BAPETEN telah menetapkan *Indonesian Diagnostic Reference Levels* tahun 2021 sebagai referensi dosis radiasi dalam pencitraan medis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada perbedaan signifikan pada dosis radiasi pemeriksaan Thorax di rumah sakit yang berbeda, serta membandingkan dosis tersebut dengan referensi IDRL 2021. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen dan survei yang dilaksanakan di 2 rumah sakit pusat rujukan di Bali. Nilai dosis radiasi berupa *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK) dikumpulkan di setiap rumah sakit. Nilai ESAK didapatkan melalui simulasi atau pengukuran dengan menggunakan dosimeter digital yang diletakkan pada permukaan *water phantom* untuk pemeriksaan Thorax. Adapun parameter pemeriksaan yang dipakai adalah parameter standar untuk pemeriksaan Thorax dewasa pada pasien dengan berat badan 50-70 kg. Secara keseluruhan, 60 nilai ESAK dikumpulkan dari dua rumah sakit. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi signifikan pada dosis radiasi pemeriksaan Thorax di rumah sakit yang berbeda dengan rata-rata dosis sebesar 0,033 mGy untuk RS A, dan 0,03 mGy untuk RS B. Sedangkan nilai median ESAK adalah 0.032 mGy (RS A) dan 0.027 mGy (RS B). Meski demikian, penelitian menunjukkan bahwa nilai median ESAK pemeriksaan Thorax di kedua rumah sakit lokasi penelitian masih dalam batas rekomendasi IDRL 2021 yaitu dibawah 0,4 mGy. Penelitian ini menunjukkan pentingnya upaya optimasi berkelanjutan untuk menjamin keselamatan radiasi pada pasien yang menjalani pemeriksaan radiologi diagnostik.

Kata kunci: Dosis radiasi, ESAK, Thorax PA, IDRL

ABSTRACT

Radiation doses delivered to patients during radiological examinations may vary among practices. Therefore, the Indonesian Government through the Nuclear Regulatory Agency, BAPETEN, developed the Indonesian Diagnostic Reference Levels, as dose reference in 2021. This study aims to evaluate whether there is a difference in radiation dose delivered to patients during Chest x-ray examinations at different practices, and to compare the doses with IDRL 2021. This study is a quantitative study, conducted at 2 public hospitals in Bali. This study was conducted by performing chest x-ray examinations on water phantom using patients' parameters. Radiation dose in Entrance Surface Air Kerma (ESAK) on the surface of the phantom was measured by using a digital dosimeter. The exposure parameters used in this study were chest x-ray parameters for standard-size adults (50-70 kg). In total, 60 ESAK values were collected from this study. The result of this study shows that there is a significant variation on the dose delivered to patients in Chest x-ray examinations in different practices, with mean ESAK of 0,033 mGy (Hospital A) and 0.03 mGy (Hospital B). Meanwhile, the median dose of Hospital A was 0,033 mGy and Hospital B was 0,027 mGy. Even though the radiation dose varied significantly within the two hospitals, the median ESAK values in each practice adhered to the IDRL 2021, which is below 0.4 mGy. This study emphasizes the importance of sustainable optimization efforts in radiological practices to support patient safety.

Keywords: Radiation Dose, ESAK, Thorax PA, IDRL

PENDAHULUAN

Radiasi sinar-X telah banyak dimanfaatkan dalam dunia kedokteran, terutama untuk pencitraan organ dalam tubuh manusia. Namun dibalik manfaatnya, sinar-X termasuk

dalam kategori radiasi pengion yang dapat menimbulkan efek berbahaya bagi tubuh manusia (Fauber, 2017; Ferrero et al., 2019). Oleh karena itu, diperlukan upaya optimasi yaitu upaya untuk menekan paparan radiasi pada pekerja, pasien dan masyarakat agar seminimal mungkin namun tetap mempertimbangkan kualitas citra yang bernilai diagnostic (BAPETEN, 2011).

Pada prakteknya, seorang pasien yang menjalani suatu jenis pemeriksaan radiologi bisa mendapatkan dosis radiasi yang berbeda jika pemeriksaan dilakukan di rumah sakit yang berbeda oleh operator yang berbeda pula. Variasi dosis ini diakibatkan oleh berbagai faktor seperti seperti alat dan teknik radiografi yang digunakan untuk menghasilkan gambar (Seeram & Brennan, 2017). Bahkan, study yang dilakukan oleh *National Radiological Protection Board* di *UK* menemukan bahwa dosis untuk pemeriksaan Thorax PA di sebuah rumah sakit bisa 50x lipat dibandingkan dosis di rumah sakit lain. Tentunya, variasi dosis radiasi yang signifikan seperti ini tidak dapat dijustifikasi (Seeram & Brennan, 2017). Untuk itu, pemerintah Indonesia melalui Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) telah menerapkan standar referensi dosis nasional yang dikenal dengan *Indonesian Diagnostic Reference Level (IDRL)*, sebagai upaya optimasi agar dosis yang diterima pasien tidak berlebih (American College of Radiology, 2018; BAPETEN, 2011; Penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (*Indonesian Diagnostic Reference Level*) Untuk Modalitas sinar-X Ct Scan Dan Radiografi Umum, 2021).

Semenjak IDRL ditetapkan secara nasional pada tahun 2021, setiap radiografer wajib mengevaluasi dosis radiologi yang diterima pasien selama pemeriksaan dan membandingkannya dengan standar IDRL tersebut. Sehingga, jika ditemukan pasien yang mendapatkan dosis radiasi melebihi referensi IDRL 2021, maka dapat dilakukan analisa lanjutan untuk mengetahui faktor penyebab dosis berlebih. Dengan demikian, langkah perbaikan dapat diterapkan untuk mengoptimalkan proteksi radiasi terhadap pasien (BAPETEN, 2019).

Berdasarkan studi pendahuluan, banyak radiographer yang belum familiar dengan konsep IDRL dan belum melakukan evaluasi dosis radiasi di rumah sakit masing-masing, terutama untuk pemeriksaan sederhana seperti Thorax. Thorax PA merupakan pemeriksaan radiologi yang paling sering dilakukan. Menurut literatur, lebih dari 80% pemeriksaan radiologi yang dilakukan di lapangan adalah pemeriksaan Thorax PA (Asada & Ichikawa, 2019; Bontrager & Lampignano, 2014). Pada pemeriksaan Thorax PA, area yang terkena radiasi juga relatif lebih luas dibanding pemeriksaan radiologi lainnya, serta mencakup organ yang sensitif terhadap radiasi seperti thyroid dan payudara (Asada & Ichikawa, 2019).

Penelitian sebelumnya oleh Anggarini, dkk telah mengkaji dosis radiasi pada pemeriksaan Thorax PA di RSUD Buleleng, Bali (Anggarin et al., 2022). Namun lingkup penelitian tersebut masih dalam tingkat lokal, serta belum membandingkan dosis dengan IDRL 2021, maupun dengan dosis di rumah sakit lainnya. Sehingga, gambaran tentang variasi dosis antar rumah sakit belum diketahui di wilayah Bali.

Berdasarkan hal tersebut diatas, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui dosis radiasi yang diterima pasien pada pemeriksaan Thorax PA, khususnya di dua rumah sakit pusat rujukan di Bali; (2) membandingkan dosis yang diterima pasien antar rumah sakit; dan (3) membandingkan dosis tersebut dengan referensi dosis (IDRL 2021) yang ditetapkan oleh BAPETEN.

Melalui penelitian ini penulis ingin meningkatkan “*awareness*” radiographer terhadap bahaya radiasi dan untuk menguatkan upaya optimasi pemeriksaan radiologi. Dengan membandingkan dosis yang diterima pasien pada rumah sakit yang berbeda, hal bisa menjadi refleksi bagi setiap rumah sakit mengenai kualitas pelayanan radiologi di tempat tersebut. Dengan adanya evaluasi dosis seperti ini, maka jika ditemukan dosis radiasi yang tidak sesuai dengan standar BAPETEN, maka rumah sakit dapat melakukan langkah perbaikan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan survey yang dilaksanakan di 2 rumah sakit pusat rujukan di Bali. Dari ketiga rumah sakit ini, diambil total sampel sebanyak 60 data pemeriksaan radiografi Thorax proyeksi Postero-Anterior (PA). Hanya data terkait pemeriksaan Thorax PA pada kategori pasien dewasa berukuran standar yang dimasukkan kedalam penelitian ini. Pasien yang dimaksud adalah pasien berumur diatas 15 tahun dengan ukuran tubuh standar (berat badan 60 ± 10 kg).

Data yang dikumpulkan berupa jenis kelamin, umur dan berat badan pasien. Data terkait alat dan teknik radiografi juga dikumpulkan dalam penelitian ini, seperti posisi pasien, FFD (Focus Film Distance), kV, mAs, luas area penyinaran (cm^2). Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk melakukan simulasi pemeriksaan Thorax PA pada *water phantom*, sehingga dosis radiasi yang diterima pasien dapat diukur.

Dosis yang diukur dalam penelitian ini berupa *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK). Nilai ESAK didapatkan melalui simulasi pemeriksaan Thorax PA dengan menggunakan parameter yang telah dikumpulkan sebelumnya. Simulasi dilakukan dengan menggunakan dosimeter digital yang ditempelkan pada *water phantom*. Phantom kemudian di-ekspose dengan teknik yang sama persis dengan data pemeriksaan Thorax PA sebelumnya, lalu dosis yang tercatat pada dosimeter digunakan sebagai data dosis pemeriksaan Thorax.

Nilai ESAK hasil simulasi tersebut selanjutnya diolah menggunakan program SPSS untuk mengetahui sebaran data dan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dosis radiasi di satu rumah sakit dengan rumah sakit lainnya. Nilai median ESAK yang mencerminkan nilai DRL lokal juga dibandingkan dengan IDRL 2021. Dosis dikatakan sesuai dengan standar IDRL apabila nilai median ESAK ≤ 0.4 mGy untuk pemeriksaan Thorax PA dewasa.

HASIL

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi dosis radiasi yang diterima pasien selama menjalani pemeriksaan Thorax PA. Sebanyak 60 data terkait pemeriksaan Thorax PA dan dosis yang diterima pasien berupa nilai *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK) telah dikumpulkan dari 2 rumah sakit pusat rujukan.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan 2 pesawat radiologi yang terdapat di rumah sakit lokasi penelitian yaitu *Siemens Multix Fusion Digital Wireless* dan *Siemens Luminos Fusion*. Adapun karakteristik faktor eksposi yang digunakan untuk pemeriksaan Thorax PA pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik faktor eksposi untuk pemeriksaan Thorax PA di 2 rumah sakit lokasi penelitian

Kategori	RS A			RS B		
	kV	mAs	FFD	kV	mAs	FFD
Min	59 kV	7 mAs	150 cm	58 kV	8 mAs	150 cm
Max	65 kV	10 mAs	150 cm	63 kV	16 mAs	150 cm
Rata-rata	62 kV	7,9 mAs	150 cm	60,6 kV	10,3 mAs	150 cm
Median	61,7 kV	8 mAs	150 cm	60 kV	10 mAs	150 cm

Dari data, diketahui bahwa rata-rata kV pada pemeriksaan Thorax PA di RS A relatif lebih tinggi dibandingkan RS B. Sebaliknya, untuk kategori mAs, rumah sakit A menggunakan mAs yang relatif paling rendah dibanding rumah sakit lain.

Adapun, nilai dosis radiasi (ESAK) dalam penelitian ini didapatkan dengan simulasi atau pengukuran langsung dengan menggunakan dosimeter pada *water phantom*. Simulasi ini menghasilkan 60 data ESAK di ketiga rumah sakit lokasi penelitian. Karakteristik atau profil dosis pemeriksaan Thorax PA di masing-masing rumah sakit lokasi penelitian ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik nilai ESAK untuk pemeriksaan Thorax PA di 2 rumah sakit lokasi penelitian

Kategori	ESAK RS A	ESAK RS B
Min	0.027 mGy	0.02 mGy
Max	0.045 mGy	0.049 mGy
Mean	0.033 mGy	0.03 mGy
Median	0.032 mGy	0.027 mGy

Dari tabel diatas diketahui bahwa sebaran nilai dosis radiasi pada pemeriksaan Thorax PA di kedua rumah sakit bervariasi satu sama lain, dengan median nilai ESAK sebesar 0,033 mGy (RS A) dan 0,027 mGy (RS B). Setelah dilakukan analisa lebih lanjut menggunakan SPSS, didapatkan bahwa nilai ESAK di kedua rumah sakit tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), sehingga dilakukan Uji Mann Whitney. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai ESAK di kedua rumah sakit, dengan $p = 0,04$, dan mean rank sebesar 35,1 untuk RS A dan 25,9 untuk RS B.

PEMBAHASAN

Penggunaan radiasi pengion di bidang radiologi menyimpan potensi bahaya radiasi, terutama jika tidak digunakan dengan benar. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dosis radiasi yang diterima pasien selama menjalani pemeriksaan Thorax PA di dua rumah sakit rujukan di Bali.

Salah satu indikator dosis radiasi yang diterima pasien selama menjalani pemeriksaan radiologi diagnostik adalah *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK). ESAK memperhitungkan faktor hamburan dari objek (BAPETEN, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan objek berupa *water phantom* sebagai pengganti pasien agar dosis yang terbaca pada dosimeter hasil simulasi mendekati dosis sebenarnya yang diterima oleh pasien. Selain itu, alasan penggunaan *phantom* terkait dengan etika penelitian, dimana penggunaan pasien secara langsung sebagai objek penelitian tidak dimungkinkan akibat artefak dosimeter yang dapat muncul pada radiograf.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai median *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK) di RS A (0,033 mGy) dan RS B (0,027 mGy). Variasi tersebut merupakan suatu hal yang wajar karena nilai dosis ini sangat tergantung pada alat, faktor eksposi, dan teknik radiografi yang digunakan oleh radiografer dalam mengambil gambar (Hart D, Hillier MC, 2012; Rusyadi et al., 2021; Seeram & Brennan, 2017). Hal ini terlihat pada tabel 1 dimana untuk kategori pasien dengan rentang berat badan yang sama ($BB 60 \pm 10 \text{kg}$), terdapat variasi kV dan mAs yang digunakan untuk menghasilkan gambar. Adapun rentang kV yang digunakan di kedua rumah sakit bervariasi dari 58 kV-65 kV. Penggunaan kV ini tidak jauh berbeda dari penelitian-penelitian sebelumnya (Anggaran et al., 2022; HAA & HA, 2020; Hart D, Hillier MC, 2012).

Selain itu, RS A menggunakan kombinasi kV yang relatif lebih tinggi dengan mAs lebih rendah, sedangkan RS B menggunakan formula kV rendah dan mAs lebih tinggi. Hal ini dimungkinkan secara teori karena untuk menghasilkan radiograf dengan kualitas yang relatif sama, ketika digunakan kV yang lebih tinggi, maka hal tersebut harus dikompensasi dengan penurunan mAs. Variasi faktor eksposi inilah yang menyebabkan variasi dosis pada pemeriksaan Thorax PA (Rusyadi et al., 2021).

Meskipun variasi dosis adalah hal yang wajar, namun upaya optimisasi harus tetap dijalankan dalam pemeriksaan radiografi. Oleh karena itu, sangat penting bagi setiap fasilitas pelayanan radiologi untuk melakukan audit terkait dosis radiasi yang diberikan kepada pasien. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membandingkan nilai DRL lokal (nilai median dosis) dengan rujukan nasional, yaitu Indonesian Diagnostic Reference Levels yang ditetapkan tahun 2021.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai median ESAK untuk pemeriksaan Thorax PA di kedua rumah sakit masih dalam batas standar referensi dosis yang ditetapkan oleh IDRL 2021 yaitu 0.4 mGy . Terlepas dari perbedaan nilai DRL lokal di kedua rumah sakit, hasil penelitian menunjukkan bahwa rumah sakit tersebut sudah mengupayakan langkah-langkah optimisasi. Hasil dosis yang sesuai dengan DRL Nasional juga dapat mengindikasikan bahwa pesawat sinar-X yang digunakan untuk menghasilkan radiograf masih dalam kondisi yang baik (Hiswara & Kartikasari, 2015). Namun, untuk mengkonfirmasi hal tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait kelayakan dan kualitas pesawat sinar-X di rumah sakit lokasi penelitian.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis pemeriksaan Thorax PA di lokasi penelitian masih dalam standar IDRL, bukan berarti upaya optimasi berhenti disini. Diperlukan langkah-langkah optimasi berkelanjutan untuk memastikan keselamatan radiasi pada pasien. Terlebih, hasil penelitian menunjukkan variasi dosis yang signifikan antara kedua rumah sakit. Variasi yang signifikan ini tetap tidak dapat dijustifikasi. Diperlukan upaya lanjutan bagi rumah sakit untuk mengevaluasi pelayanan yang diberikan kepada pasien, terutama bagi rumah sakit yang menghasilkan dosis radiasi yang relatif lebih tinggi dari rumah sakit lainnya. Langkah awal yang bisa dilakukan oleh rumah sakit adalah dengan mengevaluasi kualitas gambar sesuai dengan kebutuhan diagnostik (HAA & HA, 2020; Seeram & Brennan, 2017). Selanjutnya, monitoring dosis radiasi juga perlu dilakukan secara rutin baik menggunakan indikator Exposure Index, Dose Area Product (DAP), maupun ESAK dan INAK.

Sebagai upaya penerapan optimisasi berkelanjutan, pemerintah Indonesia telah mengembangkan portal survey dosis nasional yang bernama SI-INTAN atau *Sistem Informasi Data Dosis Pasien*. Masing-masing fasilitas pelayanan radiologi diharapkan untuk secara aktif mengisi data dosis pasien melalui SI-INTAN dalam upaya optimisasi pemeriksaan radiologi dan pengembangan IDRL (BAPETEN, 2019). Namun, belum semua rumah sakit, khususnya di Bali, melakukan audit internal di lingkungan radiologi dan melaporkan data dosis pada portal SI-INTAN. Oleh karena itu, hasil temuan dalam penelitian ini diharapkan mampu menjadi landasan bagi rumah sakit lainnya di wilayah Bali untuk dapat melakukan evaluasi rutin terkait dosis radiasi dan terlibat aktif sebagai kontributor pada portal SI-INTAN.

KESIMPULAN

Hasil evaluasi dosis radiasi pada pemeriksaan Thorax PA di dua rumah sakit di wilayah Bali menunjukkan adanya perbedaan nilai ESAK yang signifikan. Namun, nilai median ESAK pada pemeriksaan Thorax PA di seluruh rumah sakit lokasi penelitian telah sesuai dengan referensi dosis yang ditetapkan pada Indonesian Diagnostic Reference Levels tahun 2021 yaitu dibawah 0.04 mGy. Meskipun dosis telah sesuai dengan acuan IDRL, namun variasi dosis yang signifikan antar rumah sakit tidak mudah untuk dijustifikasi. Hal ini menekankan pentingnya upaya optimisasi berkelanjutan pada pemeriksaan radiologi, salah satunya melalui audit dosis internal untuk menjamin keselamatan radiasi pada pasien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, yang telah mendukung seluruh

pendanaan penelitian ilmiah ini melalui program Hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, skema Penelitian Dosen Pemula tahun 2023. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian terutama rumah sakit lokasi pengambilan data penelitian di wilayah Bali.

DAFTAR PUSTAKA

- American College of Radiology. (2018). *ACR – AAPM – SPR Practice Parameter for Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses in Medical X-ray Imaging*. 1076(Revised 2008), 1–12. <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/Diag-Ref-Levels.pdf>
- Anggarin, K. S., Wulandari, I. P. I., & Jenyanthi, N. P. R. (2022). Estimasi Dosis Radiasi Yang Diterima Pasien Pada Pemeriksaan Thorax Pa. *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, 5(1), 31–35. <https://doi.org/10.55451/jri.v5i1.105>
- Asada, Y., & Ichikawa, T. (2019). Consideration of diagnostic reference levels for pediatric chest X-ray examinations. *Radiological Physics and Technology*, 12(4), 382–387. <https://doi.org/10.1007/s12194-019-00533-7>
- BAPETEN. (2011). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*.
- BAPETEN. (2019). *Pedoman Teknis Penyusunan Tingkat Panduan Diagnostik Atau Diagnostic Reference Level (DRL) Nasional*.
- Penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (Indonesian Diagnostic Reference Level) Untuk Modalitas Sinar-X Ct Scan Dan Radiografi Umum, Pub. L. No. 1211/K/V/2021 (2021).
- Bontrager, K. L., & Lampignano, J. P. (2014). *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy* (E. Mosby (ed.); 8th Edition).
- Fauber, T. L. (2017). *Radiographic Imaging and Exposure , Virginia*, (5th Edition). Mosby Elsevier.
- Ferrero, A., Takahashi, N., Vrtiska1, T. J., Krambeck2, A. E., Lieske3, J. C., & McCollough, C. H. (2019). Understanding, justifying, and optimizing radiation exposure for CT imaging in nephrourology Andrea. *Nat Rev Urol*, 16(4), 231–244. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2016.08.014>.CagY
- HAA, M., & HA, H. (2020). Estimation of the Effective Dose for Patients Undergoing PA Chest X-Ray Examination in Selected Hospitals of Al Najaf Governorate-Iraq. *La Prensa Medica Argentina*, 106(4). <https://doi.org/10.47275/0032-745x-224>
- Hart D, Hillier MC, S. P. (2012). (2012). Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK-2010 Review. *HPA-CRCE-034. Health Protection Agency, United Kingdom*.
- Hiswara, E., & Kartikasari, D. (2015). Dosis Pasien Pada Pemeriksaan Rutin Sinar-X Radiologi Diagnostik. *Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 16(2), 71. <https://doi.org/10.17146/jstni.2015.16.2.2359>
- Rusyadi, L., Daryati, S., Rochmayanti, D., & Kurniawan, A. N. (2021). Analisis Noise Pada Radiografi Thorax Pulmonum Pada Penerapan Modifikasi Faktor Eksposi Aturan 10 kV. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 7(2), 70–76. <https://doi.org/10.31983/jimed.v7i2.7473>
- Seeram, E., & Brennan, P. C. (2017). *Radiation protection in diagnostic X- Ray imaging* (Issue Book, Whole). Jones & Bartlett Learning.