

Penentuan *Diagnostic Reference Level* Pemeriksaan Thoraks Postero-anterior (PA) dengan Klinis Tuberkulosis

Muhammad Irsal^{(1,2,a)*}, Shinta Gunawati Sutoro⁽¹⁾, Saifudin⁽³⁾, dan Rizki Amalia⁽³⁾

⁽¹⁾Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Jakarta, Indonesia, 12120

⁽²⁾PUI-P2KAL, Poltekkes Kemenkes Jakarta II, Jakarta, Indonesia, 12120

⁽³⁾Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Semarang, Jawa Tengah, 50268

Email : ^(a*) muhammad.irsal@poltekkesjkt2.ac.id

Diterima (11 November 2024), Direvisi (13 Desember 2024)

Abstract. Diagnostic reference level (DRL) based on clinical indication of tuberculosis (TB) in chest postero-anterior (PA) examination is still rare. Therefore, this study is expected to be used as an indicator of radiation dose in the optimization protocol. The research method was retrospective, based on the data of chest PA examination exposure parameters of TB clinical and non-TB clinical patients. The study was conducted in June-October 2024 at Hospital A for clinical TB patients, Hospital B, and Hospital C for non-TB patients. Data on exposure parameters were collected and analyzed with descriptive statistics, determination of DRL values was based on the calculation of quartile-2 values, then the DRL value of PA thoracic examination for clinical indications of TB will be compared with the Indonesian national DRL value. The results showed that the DRL value for clinical indications of TB was 0.3 mGy, which is lower than the Indonesian national DRL value. In the future, the determination of the DRL value is based on clinical indications so that the optimization protocol is adjusted to the image quality and the required radiation dose so that the diagnosis will be more accurate and prevent patients from unnecessary exposure.

Keywords: Diagnostic reference level (DRL), Chest postero-anterior (PA) examination, Tuberculosis (TB).

Abstrak. Diagnostic reference level (DRL) berdasarkan indikasi klinis tuberkulosis (TB) pada pemeriksaan thoraks PA masih jarang. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai indikator dosis radiasi dalam protokol optimasi. Metode penelitian bersifat retrospektif dari dengan data parameter eksposi pemeriksaan thoraks PA pasien klinis TB dan non klinis non-TB. Penelitian dilakukan pada bulan Juni-Oktober 2024 di RS A untuk pasien klinis TB, RS B dan RS C pasien non-TB. Data parameter eksposi dikumpulkan dan dianalisis dengan statistik deskriptif, penentuan nilai DRL didasarkan pada perhitungan nilai kuartil-2, kemudian nilai DRL pemeriksaan thoraks PA indikasi klinis TB akan dibandingkan dengan nilai DRL nasional Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan nilai DRL indikasi klinis TB sebesar 0.3 mGy, nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai DRL nasional Indonesia. Untuk kedepannya penentuan nilai DRL berdasarkan indikasi klinis agar penerapatan protokol optimasi disesuaikan dengan kualitas citra dan dosis radiasi yang dibutuhkan, sehingga diagnosa akan lebih akurat dan menghindari pasien dari paparan yang tidak diperlukan.

Kata kunci: Diagnostic reference level (DRL), Pemeriksaan thoraks postero-anterior (PA), Tuberkulosis (TB).

PENDAHULUAN

Penyakit Tuberkulosis (TB) masih menjadi penyebab kematian kedua terbesar setelah COVID-19. Berdasarkan laporan *World Health organization* (WHO) secara global memperkirakan bahwa dampak TB pada tahun 2021 mengalami peningkatan dibandingkan tahun 2020. WHO merekomendasikan bahwa skrining sebaiknya menggunakan pemeriksaan radiografi thoraks *postero-anterior* (PA), karena dapat mendiagnosa ada dan tidaknya lesi yang mengarah menjadi TB. Selain itu, pemeriksaan thoraks PA dapat menentukan lokasi, jenis dan tingkat keparahan lesi [1,2]. Pemeriksaan radiografi thoraks disarankan pada pasien TB aktif mulai pada fase awal (diagnosa) sampai dengan fase akhir (pengobatan). Karena dapat menunjukkan tanda vital kavitas dan dosis radiasi yang lebih rendah dibanding proses pencitraan radiografi lainnya [3,4]. Dalam beberapa laporan penelitian, pencitraan radiografi thoraks PA mengalami perkembangan yang pesat dengan menggunakan pendekatan *deep learning* dalam membantu dokter untuk mendiagnosa TB [5–8].

Penggunaan radiasi pengion dalam pencitraan medis harus didasarkan pada prinsip proteksi dengan memastikan bahwa pasien membutuhkan penegakan diagnosa dengan pencitraan medis dan berupaya dalam menurunkan dosis radiasi saat melakukan prosedur radiografi. Dalam prinsip proteksi radiasi pada prosedur pemeriksaan radiografi, pasien tidak diberikan nilai batas dosis (NBD). Sehingga seringkali dalam prosedur radiografi tidak mempertimbangkan efek radiasi yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, *diagnostic reference level* (DRL) digunakan untuk membantu dalam memperkirakan dosis yang optimal tanpa merugikan pasien [9–11].

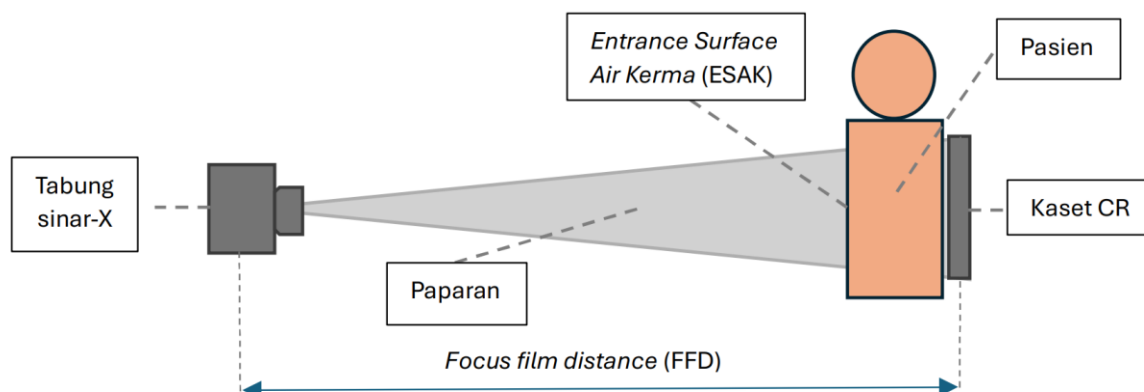
International commission radiation protection (ICRP) pada tahun 1996 menetapkan DRL untuk tujuan optimalisasi

dosis radiasi untuk prosedur radiografi. [12,13]. Optimalisasi dosis merupakan prinsip proteksi radiasi dan dapat diupayakan secara efektif untuk meminimalkan dosis radiasi. Penetapan DRL didukung oleh beberapa organisasi dunia untuk memastikan bahwa perlindungan dan keselamatan penggunaan sumber radiasi [14,15]. Dalam beberapa tahun belakangan telah diperkenalkan dan direkomendasikan DRL sebagai alat optimisasi dalam melindungi pasien dari *unnecessary exposure* saat prosedur radiografi. [16] [17].

Pemeriksaan radiografi klinis TB dilakukan evaluasi setelah 2-3 bulan setelah melakukan pengobatan. Hal ini menimbulkan potensi kenaikan dosis radiasi pada prosedur radiografi thoraks PA pada klinis TB [18]. Sehingga dalam beberapa tahun belakangan mulai dicanangkan mendirikan DRL berdasarkan indikasi klinis pasien, karena dalam upaya optimisasi pada prosedur pemeriksaan radiografi perlu mempertimbangkan kualitas citra yang sesuai klinis pasien. Selain itu, penelitian tentang DRL berdasarkan indikasi klinis untuk prosedur radiografi umum masih jarang dibandingkan dengan pemeriksaan CT [19]. Oleh karena itu, perlu menentukan *Diagnostic Reference Level* (DRL) pada Pemeriksaan Thoraks PA Klinis TB dengan tujuan agar dapat memberikan informasi menetapkan nilai DRL untuk pemeriksaan thoraks PA klinis TB dan membandingkan hasilnya DRL tersebut dengan beberapa negara di dunia.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode retrospektif dengan mengambil data hasil pemeriksaan radiografi thoraks PA pasien klinis TB dan bukan klinis TB (non-TB) dengan jumlah data pasien pemeriksaan thoraks PA klinis TB dengan umur pasien > 18 tahun.



Gambar 1. Skema estimasi pengukuran dosis ESAK dengan Caldose X

Pengambilan sampel dilakukan di tiga rumah sakit (RS) yang ada di wilayah DKI Jakarta dan Jawa Barat, kemudian untuk ukuran sampel yaitu data pasien pemeriksaan thoraks PA berjumlah 30 pasien klinis TB di ambil dari RS A, pasien di RS B dan RS C masing-masing 30 pasien non-TB dengan total keseluruhan pasien pada penelitian ini sebanyak 90 pasien, rentang waktu bulan Juni sampai dengan Oktober tahun 2024.

Pemeriksaan radiografi thoraks PA

Penelitian ini menggunakan data hasil prosedur pemeriksaan radiografi thoraks PA dengan posisi *erect*, luas lapangan menyesuaikan dengan bentuk kaset *computer radiography* (CR) berukuran 35 cm x 43 cm, kemudian center point pada pertengahan thorakal ke-7 atau pada pertengahan antara *angulus scapula* [20].

Pengukuran dosis radiasi pasien

Pada penelitian ini pengukuran dosis radiasi pasien menggunakan *software* Caldose X untuk memberikan estimasi pengukuran dosis *entrance surface air kerma* (ESAK) yang di tunjukan pada Gambar 1. Hasil ESAK pada *software* Caldose X didasarkan pada pengukuran keluaran radiasi (*radiation output*) pesawat

sinar-X, dalam sebuah laporan penelitian menunjukan estimasi pengukuran dosis ESAK pasien dengan membandingkan pengukuran antara *radiation output* dan Caldose X menunjukan hasil pengukuran dosis radiasi yang sama pada keduanya[21].

Analisis statistik

Hasil pengukuran dosis *Entrance Surface Air Kerma* (ESAK) akan dikumpulkan untuk menentukan nilai *diagnostic reference level* (DRL) melalui analisis statistik menggunakan nilai kuartil ke-2. Nilai DRL berfungsi sebagai indikator untuk pemantuan tingkat dosis radiasi diterima pasien, sehingga selama pemeriksaan radiografi pemberian dosis radiasi kepada pasien dapat diupayakan seminimal mungkin dengan tetap mempertahankan kualitas citra. Kemudian untuk menganalisis perbedaan rata-rata dosis ESAK pada pemeriksaan thoraks Postero-Anterior (PA) antara pasien dengan indikasi klinis tuberkulosis (TB) dan tanpa indikasi klinis, akan dilakukan uji statistik menggunakan uji *mann-whitney* dengan nilai p-value 0,05 untuk menentukan apakah perbedaan tersebut signifikan secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan thoraks PA merupakan prosedur awal untuk mendeteksi pasien yang dicurigai mengidap penyakit TB. Selain itu, pencitraan radiografi sering kali digunakan oleh dokter untuk menentukan komplikasi akibat perkembangan penyakit TB, serta memantau pengobatan pasien TB hingga selesai [22]. Menurut Mohamed dan Wilfred, prosedur radiografi thoraks PA memiliki keuntungan seperti ketersediaan modalitas radiografi dapat ditemukan dengan mudah di klinik maupun rumah sakit, serta dosis radiasi yang lebih rendah dibandingkan *computed tomography* (CT) [23]. Walaupun begitu resiko paparan radiasi tidak serta merta diabaikan, Oleh karena itu, prosedur radiografi thoraks PA harus didasarkan pada prinsip *as low as reasonable achievable* (ALARA) agar dokter dapat memberikan hasil diagnosa yang akurat, serta radiografer dapat mengatur protokol optimisasi untuk memastikan radiasi yang diterima pasien serendah mungkin.

Prosedur optimisasi yang perlu dilakukan agar meminimalkan paparan radiasi yang diterima pasien yaitu dengan menentukan *diagnostic reference level* (DRL) atau dalam bahasa Indonesia disebut tingkat panduan diagnostik, secara definisi DRL merupakan metode atau alat optimisasi

untuk mencegah pasien menerima dosis yang tidak diperlukan dengan melakukan investigasi data sebaran dosis pasien pada suatu prosedur radiografi. Di Indonesia penggunaan DRL telah diimplementasikan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) ke berbagai pelayanan kesehatan yang menggunakan sumber radiasi pengion [24]. Kemudian dalam beberapa tahun terakhir di eropa mulai berkembang penentuan nilai DRL berdasarkan indikasi klinis pasien, sebab pada suatu prosedur radiografi nyatanya dapat menghasilkan dosis radiasi yang bervariasi terhadap indikasi klinis pasien [25].

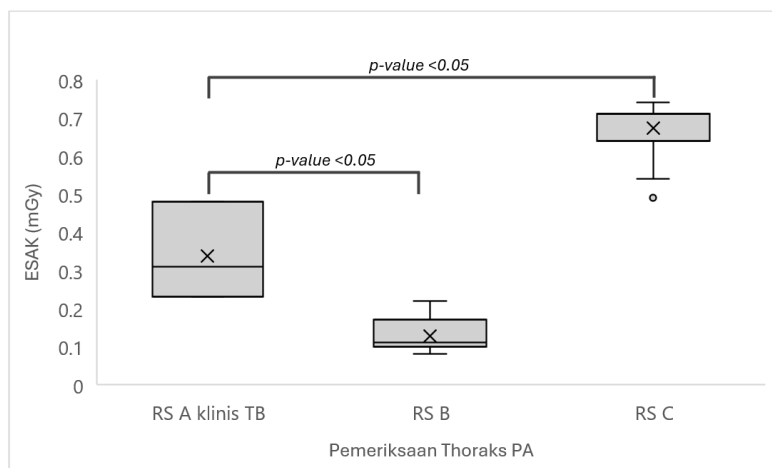
Dari hasil penelitian pada tabel 1. Menunjukkan dosis ESAK yang berbeda pada pemeriksaan thoraks PA di RS A klinis TB, RS B dan RS C. Kemudian pada Gambar 2. Menunjukkan hasil uji *mann-whitney*, bahwa terdapat perbedaan yang signifikan nilai rata-rata dosis ESAK antara RS A klinis TB dengan RS B nilai *p-value* <0.05, serta terdapat perbedaan yang signifikan nilai-rata dosis ESAK antara RS A klinis TB dengan RS C nilai *p-value* <0.05. Hal ini, disebabkan oleh penggunaan parameter tegangan tabung (kVp) dan arus-waktu tabung (mAs) yang bervariasi pada tiga RS. Menurut D Hart, penggunaan faktor eksposi dengan tegangan yang bervariasi dapat menghasilkan dosis ESAK yang bervariasi,

Tabel 1. Data parameter eksposi pemeriksaan thoraks PA

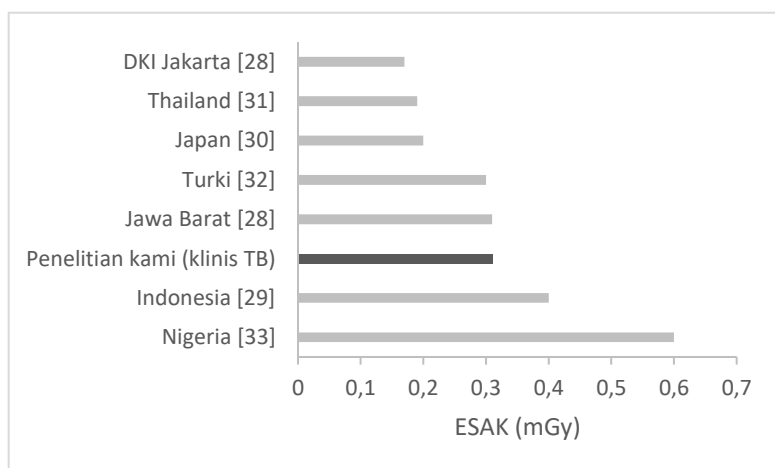
Variabel	Berat badan (kg)	Tinggi badan (cm)	Tebal tubuh (cm)	Jarak sumber ke kaset CR (cm)	Tegangan tabung (kVp)	Arus-waktu tabung (mAs)	ESAK (mGy)
RS A klinis TB	49.1±7.4 (35-63)	156.5±5.8 (145-170)	19.4±1.5 (16-22)	150	78.1±9.04 (70-90)	3.9±0.4 (3.5-4.5)	0.3±0.1 (0.23-0.48)
RS B	63±18.9 (46-110)	153±17.7 (143-174)	22.5±3.1 (16-29)	150	55.7±4.4 (53-68)	2.4±0.6 (1.6-3.6)	0.1±0.03 (0.08-0.2)
RS C	66±14.7 (35-95)	161.9±9.5 (143-164)	22.4±2.6 (16-28)	150	77.1±2.1 (71-78)	7.9±0.4 (7.1-10)	0.6±0.06 (0.49-0.74)

tegangan tabung rendah (*low kVp*) pada RS B menghasilkan dosis radiasi rendah,

masih lebih rendah dibandingkan nilai DRL nasional Indonesia dan Nigeria, tetapi masih



Gambar 2. Perbandingan dosis ESD pasien klinis TB dan non-TB



Gambar 3. Data sebaran DRL pemeriksaan thoraks PA

sedangkan tegangan tabung tinggi (*high kVp*) pada RS A klinis TB dan RS C dapat meningkatkan dosis radiasi. Walaupun disadari secara bahwa teknik tegangan tabung tinggi dapat menurunkan dosis. Akan tetapi, apabila dalam protokol optimisasi tidak diterapkan dengan benar maka dosis dapat meningkat [26].

Selanjutnya pada Gambar 3. Menunjukkan perbandingan DRL hasil penelitian kami dengan beberapa penelitian lainnya, nilai DRL hasil penelitian kami

tinggi dibandingkan dengan Turki, Jepang, Thailand dan DKI Jakarta, serta bernilai sama dengan Jawa Barat. Hasil ini memperlihatkan bahwa perlu adanya penentuan nilai DRL berdasarkan indikasi klinis pasien agar dalam penerapan prosedur optimisasi dapat menyesuaikan dengan kaulitas citra, diagnosa dan dosis radiasi. Menurut Graciano Paula dkk, dalam peneraparan DRL sebagai prosedur optimisasi tidak cukup hanya dengan mempertimbangkan prosedur radiografi

saja. Sebab, dalam praktik klinik pemilihan protokol suatu prosedur radiografi dapat menyesuaikan dengan indikasi klinis pasien [27]. Oleh karena itu, penentuan DRL berdasarkan indikasi klinis diharapkan dapat mengurangi terjadinya perubahan fluktuasi dosis yang diterima pasien untuk sebuah prosedur radiografi yang sama.

Dalam melakukan upaya optimisasi dalam sebuah prosedur radiografi diperlukan pemahaman dan data parameter eksposi prosedur radiografi secara lengkap seperti jenis kelamin, umur, tinggi badan, berat badan, tebal badan, faktor eksposi, jarak sumber ke detektor pencitraan dan dosis radiasi, serta mempertimbangkan kinerja modalitas dan peralatan pencitraan. Dari hasil survei pemahaman DRL yang dilakukan kepada radiografer dan mahasiswa di Indonesia dan beberapa negara di Asia menemukan bahwa terdapat penurunan tingkat pemahaman terhadap DRL, hal ini berhubungan dengan usia, pengalaman praktik klinik, kurangnya pengembangan Pendidikan dan pelatihan profesi [34,35]. Menurut Wahyudi Ifani, dkk. keterbatasan pemahaman protokol optimisasi dalam praktik klinis pelayanan di RS hanya mengandalkan transfer pengetahuan dari staf senior ke junior, tetapi tidak disertai dengan pengembangan pelatihan prosedur optimisasi secara berkesinambungan[36]. Selain itu, radiografer sering kali menggunakan parameter standar dari pada parameter optimasi, sebab masih kurangnya pengetahuan dan kepercayaan diri dalam mengubah parameter prosedur radiografi.

Dalam penerapan parameter optimasi, menurut Evan dkk, dosis radiasi dan kualitas citra pasien dipengaruhi oleh berbagai parameter eksposi sehingga perlu divalidasi terlebih dahulu setiap data parameter eksposi yang akan digunakan dalam menentukan DRL dan protokol optimisasi [37]. Selanjutnya, penerapatan protokol pada prosedur pemeriksaan thoraks PA dengan

klinis TB dapat menggunakan faktor eksposi tegangan tinggi (*high kVp*) untuk meminimalisir dosis dengan tetap menjaga kualitas citra, dari sebuah percobaan menggunakan pantom *anthrophomorphic* pada prosedur radiografi thoraks menunjukkan perhitungan *figure of merit* (FOM) yang tertinggi pada penggunaan tegangan tabung tinggi (*high kV*) [38]. Hasil yang sama juga ditemukan oleh Ika Haryati dkk, penggunaan tegangan tabung tinggi yang dikombinasi dengan arus-waktu tabung yang rendah pada prosedur radiografi thoraks dapat menurunkan dosis radiasi dengan tetap mempertahankan kualitas citra [39]. Kemudian hasil analisis perbandingan dosis radiasi pada penggunaan tegangan tabung standar dan tinggi menggunakan *database* BAPETEN berdasarkan hasil survei dosis radiasi dari tahun 2018-2022 menunjukkan terjadi penurunan dosis sebesar 18.43% pada penggunaan tegangan tabung tinggi (*high kV*) [40].

Keterbatasan dalam penelitian ini, jumlah sampel pemeriksaan thorak PA masih sedikit, walaupun menurut literatur dalam menentukan DRL jumlah minimal data > 20 pasien. Hal ini dapat mempengaruhi analisis nilai DRL. Kemudian masih kurangnya data DRL berdasarkan indikasi klinis padahal pemeriksaan thoraks PA merupakan prosedur yang paling sering di radiologi, sehingga data pembanding nilai DRL berdasarkan klinis TB pada penelitian ini hanya dibandingkan dengan nilai DRL prosedur pemeriksaan thoraks PA di beberapa negara. Oleh karena itu, diperlukan penelitian selanjutnya dengan pengambilan jumlah sampel pemeriksaan yang memadai untuk menetapkan nilai tipikal dosis atau DRL lokal dan DRL nasional Indonesia berdasarkan klinis TB.

KESIMPULAN

Hasil penelitian penentuan nilai DRL berdasarkan indikasi klinis pasien TB yaitu 0.3 mGy, nilai ini lebih rendah dari DRL Indonesia. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi indikator penerapan protokol optimasi pada pemeriksaan thoraks PA dengan indikasi klinis TB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh DIPA Poltekkes Kemenkes Jakarta II Tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tonne EO, Fosbøl MØ, Poulsen A, Nygaard U, Højgaard L, Borgwardt L. Imaging modalities for pulmonary tuberculosis in children: A systematic review. *Eur J Radiol Open* 2022;10. <https://doi.org/10.1016/J.EJRO.2022.100472>.
- [2] Cao XF, Li Y, Xin HN, Zhang HR, Pai M, Gao L. Application of artificial intelligence in digital chest radiography reading for pulmonary tuberculosis screening. *Chronic Dis Transl Med* 2021;7:35–40. <https://doi.org/10.1016/J.CDTM.2021.02.001>.
- [3] Nachiappan AC, Rahbar K, Shi X, Guy ES, Mortani Barbosa EJ, Shroff GS, et al. Pulmonary Tuberculosis: Role of Radiology in Diagnosis and Management. *Radiographics* 2017;37:52–72. <https://doi.org/10.1148/RG.2017160032>.
- [4] Nel M, Franckling-Smith Z, Pillay T, Andronikou S, Zar HJ. Chest Imaging for Pulmonary TB-An Update. *Pathogens* 2022;11. <https://doi.org/10.3390/PATHOGENS11020161>.
- [5] Rajpurkar P, O'Connell C, Schechter A, Asnani N, Li J, Kiani A, et al. CheXaid: deep learning assistance for physician diagnosis of tuberculosis using chest x-rays in patients with HIV. *NPJ Digit Med* 2020;3. <https://doi.org/10.1038/S41746-020-00322-2>.
- [6] Devasia J, Goswami H, Lakshminarayanan S, Rajaram M, Adithan S. Deep learning classification of active tuberculosis lung zones wise manifestations using chest X-rays: a multi label approach. *Scientific Reports* 2023 13:1 2023;13:1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28079-0>.
- [7] Nabulsi Z, Sellergren A, Jamshy S, Lau C, Santos E, Kiraly AP, et al. Deep learning for distinguishing normal versus abnormal chest radiographs and generalization to two unseen diseases tuberculosis and COVID-19. *Sci Rep* 2021;11. <https://doi.org/10.1038/S41598-021-93967-2>.
- [8] Nash M, Kadavigere R, Andrade J, Sukumar CA, Chawla K, Shenoy VP, et al. Deep learning, computer-aided radiography reading for tuberculosis: a diagnostic accuracy study from a tertiary hospital in India. *Sci Rep* 2020;10. <https://doi.org/10.1038/S41598-019-56589-3>.
- [9] Roch P, Célier D, Dessaud C, Etard C. Using diagnostic reference levels to evaluate the improvement of patient dose optimisation and the influence of recent technologies in radiography and computed tomography. *Eur J Radiol* 2018;98:68–74. <https://doi.org/10.1016/J.EJRAD.2017.11.002>.
- [10] Gnowe G, Ekobena Fouda HP, Amvene Jérémie M, Pascal T, Babinne Graobe B. Assessment of the Local Exposure Level during Adult Chest X-Rays at the Ngaoundere Regional Hospital, Cameroon. *Radiol Res Pract* 2019;2019:1–5. <https://doi.org/10.1155/2019/3619498>.
- [11] Junda M, Muller H, Friedrich-Nel H. Local diagnostic reference levels for routine chest X-ray examinations at a public sector hospital in central South Africa. *Health SA* 2021;26. <https://doi.org/10.4102/HSAG.V26I0.1622>.
- [12] Zeinali-Rafsanjani B, Alavi A, Lotfi M, Haseli S, Saeedi-Moghadam M, Moradpour

- M. Is it necessary to define new diagnostic reference levels during pandemics like the Covid19-? Radiation Physics and Chemistry 2023;205. <https://doi.org/10.1016/J.RADPHYSCHM.2022.110739>.
- [13] Arlany L, Toh HG, Nazir B, Ng JJ, Tay YH, Tay YS, et al. Establishment of CT diagnostic reference levels (DRLs) for a Singapore healthcare cluster. Radiography 2023;29:184–9. <https://doi.org/10.1016/J.RADI.2022.11.002>.
- [14] Wachabauer D, Röthlin F, Moshhammer HM, Homolka P. Diagnostic Reference Levels for conventional radiography and fluoroscopy in Austria: Results and updated National Diagnostic Reference Levels derived from a nationwide survey. Eur J Radiol 2019;113:135–9. <https://doi.org/10.1016/J.EJRAD.2019.02.015>.
- [15] Welarathna S, Velautham S, Wanninayake M, Sarasanandarajah S. Evaluation of patient doses for routine digital radiography procedures toward establishing an institutional diagnostic reference levels: A case study in Sri Lanka. J Appl Clin Med Phys 2022;23. <https://doi.org/10.1002/ACM2.13852>.
- [16] Baş Mor H, Altinsoy N, Söyler I. Estimation Of Adult Patient Doses For Chest X-Ray Examinations And Comparison With Diagnostic Reference Levels (DRLs). Radiat Prot Dosimetry 2018;182:377–85. <https://doi.org/10.1093/RPD/NCY076>.
- [17] Almén A, Guðjónsdóttir J, Heimland N, Højgaard B, Waltenburg H, Widmark A. Establishing paediatric diagnostic reference levels using reference curves - A feasibility study including conventional and CT examinations. Phys Med 2021;87:65–72. <https://doi.org/10.1016/J.EJMP.2021.05.005>.
- [18] Lee JH, Kim OH, Kim YJ, Shim TS, Jo KW. Changes in chest X-ray findings in 1- and 2-month group after treatment initiation for suspected pulmonary tuberculosis. Korean J Intern Med 2020;35:1145–53. <https://doi.org/10.3904/KJIM.2019.036>.
- [19] Bos D, Yu S, Luong J, Chu P, Wang Y, Einstein AJ, et al. Diagnostic reference levels and median doses for common clinical indications of CT: findings from an international registry. Eur Radiol 2022;32:1971–82. <https://doi.org/10.1007/S00330-021-08266-1/FIGURES/3>.
- [20] Merrill's Atlas Of Radiographic Positions Ans Radiologic Procedures Edisi Tenth, Volume Three n.d. https://perpus.poltekkesjkt2.ac.id/respony/index.php?p=show_detail&id=3751 (accessed November 10, 2024).
- [21] Rahma A, Wigati A, Hidayanto E, Marhaendrajaya I, Triadyaksa P. Komparasi Entrance Surface Air Kerma (Esak) dengan Software Caldose_X Dan Metode Tube Output Pada Pasien Thorax Dewasa Dalam Pemeriksaan Radiografi Umum Berdasarkan Data Si-INTAN. Berkala Fisika 2022;25:122–34.
- [22] Kon OM. Tuberculosis in Clinical Practice. Springer International Publishing; 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-75509-6/COVER>.
- [23] Mohamed Fethi Ladeb, Wilfred C. G. Peh. Imaging of Tuberculosis. Cham: Springer International Publishing; 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-07040-2>.
- [24] Endang Kunarsih, Ida Bagus Gede Putra Pratama, Sudradjat, Rusmanto. Pedoman Teknis Penerapan Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia (Indonesian Diagnostic Reference Level). Jakarta: BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN); 2021.
- [25] Järvinen H, Seuri R, Kortensniemi M, Lajunen A, Hallinen E, Savikurki-Heikkilä P, et al. Indication-based national diagnostic reference levels for paediatric CT: a new approach with proposed values. Radiat Prot Dosimetry 2015;165:86–90. <https://doi.org/10.1093/RPD/NCV044>.
- [26] Hart D, Hillier MC, Wall B. Doses to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK - 2000 Review 1996.
- [27] Paulo G, Damilakis J, Tsapaki V, Schegerer AA, Repussard J, Jaschke W, et al. Diagnostic Reference Levels based on

- clinical indications in computed tomography: a literature review. *Insights Imaging* 2020;11:1–9. <https://doi.org/10.1186/S13244-020-00899-Y/TABLES/7>.
- [28] Muhammad Irsal, Asumsue Tarigan, Shafa Elisa Wulandari, Nukhriza Kinasih. Evaluasi Diagnostic Reference Levels (DRL) Pada Pemeriksaan Thorax PA di Pulau Jawa Berdasarkan Database DRL BAPETEN. *JUPETEN* 2023;3:88–96.
- [29] BAPETEN. Sistem Informasi Data Dosis Pasien (Si-INTAN) BAPETEN. Website Sistem Informasi Data Dosis Pasien (Si-INTAN) 2024. <https://idrl.bapeten.go.id/ndrl> (accessed November 10, 2024).
- [30] Asada Y, Kondo Y, Kobayashi M, Kobayashi K, Ichikawa T, Matsunaga Y. Proposed diagnostic reference levels for general radiography and mammography in Japan. *Journal of Radiological Protection* 2020;40:867. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ABA083>.
- [31] Buncharat S, Hamuttiti P. Patient Doses in Simple Radiographic Examinations in Trang, Phatthalung and Satun Provinces in the Transition from X-ray Film to Computed Radiography. *Journal of Health Science of Thailand* 2017;25:632–40.
- [32] Inal T, Ataç G. Dose audit for patients undergoing two common radiography examinations with digital radiology systems. *Diagnostic and Interventional Radiology* 2013;20:100. <https://doi.org/10.5152/DIR.2013.12122>.
- [33] Estimation of Diagnostic Reference Level for Chest X- Ray Procedures in Some Radiological Facilities in Abuja Metropolis, Nigeria. *Journal of Radiation and Nuclear Applications* 2023;8:59–63. <https://doi.org/10.18576/JRNA/080109>.
- [34] David LR, Luke AM, Anithadevi TS, England A, McEntee M, Ravichandran S, et al. Knowledge and Practice of Diagnostic Reference Levels, Radiation Protection, and Safety among Dental Professionals and Dental Undergraduate Students in the United Arab Emirates: A Multicentric Study. *Journal of Datta Meghe Institute of Medical Sciences University* 2024;19:508–15.
- https://doi.org/10.4103/JDMIMSU.JDMI MSU_125_24.
- [35] Ishak N, Zakaria F, Ali MH, Zakaria WFWC. Awareness and knowledge of diagnostic reference levels in computed tomography among radiographers in public and private hospitals in Selangor. *Healthscope: The Official Research Book of Faculty of Health Sciences, UiTM* 2022;5:32–7.
- [36] Ifani W, Soeprijanto B, Moekono J, Fardana4 NA. Evaluation of Radiographers Experience and Knowledge Related to Estimation, Radiation Dose Comparison, and CT Parameters in Kota Medan, Indonesia. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology* 2021;15:4594–602. <https://doi.org/10.37506/IJFMT.V15I3.16015>.
- [37] Lukmanda Evan Lubis, Djarwani Soeharso Soejoko. Optimisasi dosis dan kualitas citra pada radiologi diagnostik: langkah-langkah, tips, dan panduan praktis. *Journal of Medical Physics and Biophysics* 2020;7:23–31.
- [38] Irsal M, Sutoro SG, Karenina CA, Faradila SH, Yansyah A. Optimization of exposure factors on radiographic examination chest AP supine with 15% kV rule method. *AIP Conf Proc* 2023;2751. <https://doi.org/10.1063/5.0143662/2896238>.
- [39] Hariyati I, Fauzan M, Lubis LE. Optimisasi dengan Audit Dosis Radiasi pada Pemeriksaan Thorak Proyeksi AP Pasien Dewasa. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir* 2022;22–6. <https://doi.org/10.53862/JUPETEN.V2I2.004>.
- [40] Irsal M, Targian A, Elisa Wulandari S, Kinasih N. Perbandingan Dosis Radiasi Pemeriksaan Radiografi Thoraks PA Menggunakan Faktor Eksposi: Standar dan High kVp Berdasarkan Database DRL Si-INTAN BAPETEN. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir* 2023;3:109–15. <https://doi.org/10.53862/JUPETEN.V3I2.017>.

Muhammad Irsal dkk: Penentuan *Diagnostic Reference Level* Pemeriksaan Thoraks *Postero-anterior* (PA)
dengan Klinis Tuberkulosis