Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 15, No. 5, September 2026, hal. 521 – 528
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.15.5.521-528.2026

Open Access

Evaluasi Nilai Dosis Tipikal pada Pasien Pemeriksaan Intervensional Menggunakan Modalitas C-Arm Di RSUP Dr. M. Djamil Padang

Cindy Wulandari[1], Dian Milvita[1*], Ida Bagus Gede Putra Pratama[2]
[1]Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163
[2]Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Jakarta Pusat

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 3 Maret 2026
Direvisi: 10 Agustus 2026
Diterima: 30 September 2026

Kata kunci:
C-Arm
Coronary Angiography (CAG)
Percutaneous Coronary Intervention (PCI)
Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty (PTCA)
Nilai dosis tipikal

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan di RSUP Dr. M. Djamil Padang mengenai penentuan, analisis, perbandingan, dan evaluasi nilai dosis tipikal pada pemeriksaan C-Arm terhadap nilai TPD beberapa penelitian sebelumnya dan beberapa negara lain. Pengambilan data dilakukan pada pasien dewasa dengan massa tubuh (50-70) kg dan usia di atas 15 tahun dengan jumah pasien keseluruhan 276 orang. Penelitian dilakukan pada pemeriksaan *Coronary Angiography* (CAG) sebanyak 65 orang, pemeriksaaan *Percutaneous Coronary Intervention* (PCI) sebanyak 89 orang, dan pemeriksaan *Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty* (PTCA) sebanyak 122 orang. Metode dalam menentukan nilai dosis tipikal diperoleh dari analisis median (Q2) dari sebaran data nilai besaran dosis (DAP dan Total Kerma). Hasil penelitian menunjukkan nilai dosis tipikal RSUP Dr. M. Djamil Padang pada modalitas pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh BAPETEN nomor: 3426/K/XI/2022 karena berada di bawah rekomendasi nilai TPD Indonesia. Nilai dosis tipikal di RSUP Dr. M. Djamil Padang lebih rendah dari nilai TPD beberapa penelitian sebelumnya dan TPD beberapa negara seperti Jepang, Austria, UK, dan Finlandia.

Keywords:
C-Arm
Coronary Angiography (CAG)
Percutaneous Coronary Intervention (PCI)
Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty (PTCA)
Typical dose value

Penulis Korespondensi:
Dian Milvita
Email: dianmilvita@sci.unand.ac.id

Research on the determination, analysis, comparison, and evaluation of typical dose values in C-Arm examinations against TPD values from several previous studies and several countries has been conducted at Dr. M. Djamil Padang General Hospital. Data collection was carried out on adult patients with a body mass of (50-70) kg and aged over 15 years with a total number of 276 patients. The study was conducted on Coronary Angiography (CAG) examinations of 65 people, Percutaneous Coronary Intervention (PCI) examinations of 89 people, and Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty (PTCA) examinations of 122 people. The method for determining typical dose values is obtained from the median analysis (Q2) of the distribution of dose magnitude data (DAP and Total Kerma). The results of the study show that the typical dose value of RSUP Dr. M. Djamil Padang on the C-Arm fluoroscopy X-ray modality has met the standards set by BAPETEN number: 3426 / K / XI / 2022 because it is below the recommended TPD value for Indonesia. The typical dose value at Dr. M. Djamil Padang General Hospital is 0.05%. M. Djamil Padang is lower than the TPD value of several previous studies and the TPD of several countries such as Japan, Austria, UK, and Finland.

Copyright © 2026 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sinar-X di Indonesia terus berkembang untuk keperluan diagnosis dan terapi kesehatan. Sinar-X memiliki lingkup aplikasi yang begitu luas dalam bidang kesehatan yaitu pada radiologi diagnostik dan radiologi intervensional. Radiologi diagnostik adalah teknik radiologi untuk mendiagnosis suatu penyakit atau kelainan morfologi dalam tubuh pasien dengan menggunakan pesawat sinar-X sedangkan radiologi intervensional adalah teknik radiologi dengan menggunakan pesawat sinar-X untuk pemandu citra secara langsung (*real-time image-guided*) dalam mendiagnosis dan melakukan tindakan terapi dengan memasang kawat penuntun*, stent*, dan komponen terkait di dalam tubuh pasien (BAPETEN, 2020). Pencitraan medis yang digunakan dalam radiologi intervensional meliputi: *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), *Computed Tomography* (CT), *Ultrasound Sonography* (USG), dan Pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm (IAEA, 2023).

Pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm merupakan pesawat sinar-X berbentuk huruf "C" yang ditempatkan di ruang bedah yang secara khusus digunakan untuk membantu tindakan pembedahan berbagai prosedur perawatan, termasuk prosedur invasif bedah ortopedi, traumatologi, bedah umum, bedah pembuluh darah, urologi, gastroenterologi dan penempatan tempat tinggal tertentu perangkat (misalnya alat pacu jantung, penempatan akses vaskular) (BAPETEN, 2020). Pesawat sinar-X C-Arm memberikan kontribusi dosis radiasi yang sangat signifikan oleh karena itu penting dilakukan evaluasi dan optimalisasi terhadap pasien untuk meningkatkan proteksi radiasi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 45 Tahun 2023 yang mengatur tentang keselamatan radiasi dan keamanan zat radioaktif, termasuk pekerja radiasi, salah satu syarat proteksi radiasi yang harus dipenuhi dalam menggunakan radiasi adalah optimisasi radiasi. Upaya penerapan optimisasi untuk proteksi radiasi dalam keperluan diagnostik dapat dilakukan melalui evaluasi *Diagnostic Reference Level* (DRL) atau Tingkat Panduan Diagnostik (TPD). TPD adalah suatu nilai yang dinyatakan dalam dosis radiasi atau aktivitas radiofarmaka yang diberikan pada pasien dalam pemeriksaan radiologi diagnostik dan intervensional serta kedokteran nuklir diagnostik (BAPETEN, 2024). Penentuan nilai dosis tipikal pada modalitas pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm menggunakan indikator dosis *Dose Air Product* (DAP), total kerma dan *fluorotime* yang keluar dari layar monitor. DAP mengukur dosis total dengan mempertimbangkan luas area, *fluorotime* mengukur durasi penggunaan sinar-X, dan total kerma mengukur dosis di titik tertentu. Semua indikator tersebut penting untuk memantau dan mengelola paparan radiasi.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengevaluasi dosis radiasi menggunakan nilai dosis tipikal pada pemeriksaan C-Arm. Studi oleh Isoardi et al. (2019) pada beberapa rumah sakit di Italia menunjukkan bahwa nilai TPD yang didapatkan lebih tinggi dari TPD nasional negara tersebut namun lebih rendah dari standar yang ditetapkan negara lain. Oleh karena itu perlu dilakukan pembaharuan nilai TPD agar lebih optimal. Penentuan nilai TPD juga telah dilakukan di Indonesia. Miyantra, (2023) telah mengevaluasi dosis radiasi pada pemeriksaan CAG menggunakan pesawat sinar-X C-Arm di Rumah Sakit Umum Arifin Achmad didapatkan hasil bahwa keseluruhan nilai yang didapatkan melebihi nilai TPD yang ditetapkan oleh BAPETEN nomor: 3426/K/XI/2022. Kemudian, Zubaidy et al. (2022) dan Purba et al. (2022) juga telah mengevaluasi dosis radiasi pada pemeriksaan *Percutaneous Coronary Interventions* (PCI) dan CAG menggunakan pesawat sinar-X C-Arm di RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat dan didapatkan hasil penelitian bahwa keseluruhan nilai yang didapatkan melebihi nilai TPD yang ditetapkan oleh BAPETEN nomor: 3426/K/XI/2022.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dilakukanlah penelitian mengenai evaluasi nilai dosis tipikal pada CAG, pemeriksaan PCI, dan pemeriksaan PTCA. Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa RSUP Dr. M. Djamil belum memiliki nilai dosis tipikal untuk modalitas pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm bahkan belum ada penelitian terkait nilai TPD regional Sumatera pada modalitas tersebut. Penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengetahui penerapan optimisasi proteksi radiasi yang telah dilakukan di RSUP Dr. M. Djamil Padang serta menjadi pedoman pemberian dosis radiasi ke pasien untuk ke depannya.

II. METODE

2.1 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan selama 2 bulan di di ruang Cathlab Instalasi Pelayanan Jantung Terpadu (IPJT) RSUP Dr. M. Djamil Padang. Modalitas yang digunakan adalah Pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm.

Data yang dicatat berupa inisial pasien meliputi usia pasien di atas 15 tahun dan massa tubuh normal (60 ± 10) kg, tegangan (kV), arus waktu (mAs), nilai DAP, dan nilai total Kerma pada setiap pemeriksaan. Pengumpulan data pasien dilakukan pada pemeriksaan CAG, pemeriksaan PCI, dan pemeriksaan PTCA. Jumlah data yang terkumpul pada penelitian berjumlah 276 data pasien.

2.2 Pengolahan dan Analisis Data

Data nilai-nilai besaran dosis diolah menggunakan aplikasi Microsoft Excel untuk memperoleh nilai median (Q2) menggunakan Persamaan 1 untuk data ganjil dan Persamaan 2 untuk data genap dengan mengurutkan data dari nilai yang terkecil sampai terbesar. Nilai median (Q2) digunakan sebagai nilai dosis tipikal pada modalitas pesawat sinar-X C-Arm yang dimiliki RSUP Dr. M. Djamil Padang. Nilai tersebut kemudian dianalisis mengacu pada TPD Indonesia sesuai Panduan BAPETEN 2024. Kemudian nilai dosis tipikal (Q2) RSUP Dr. M. Djamil Padang dibandingkan dengan TPD penelitian sebelumnya dan beberapa negara. Nilai dosis tipikal didapatkan dari perhitungan Q2 dan sebaran datanya ditampilkan dalam bentuk grafik serta dianalisis berdasarkan nilai dosis tipikal yang didapatkan untuk setiap pemeriksaan.

$$Median = \left(\frac{n+1}{2}\right) term \tag{1}$$

$$Median = \frac{\left(\frac{n}{2}\right) term + \left(\frac{n}{2}+1\right) term}{2} \tag{2}$$

dengan n adalah jumlah data, $\left(\frac{n}{2}\right) term$ adalah nilai yang ditunjukkan pada data ke-$\left(\frac{n}{2}\right)$, dan $\left(\frac{n}{2}+1\right) term$ adalah nilai yang ditunjukkan pada data ke-$\left(\frac{n}{2}+1\right)$ dan $(n+1)term$ adalah nilai yang ditunjukkan pada data ke-$n+1$.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Penentuan dan Analisis Nilai Dosis Tipikal Modalitas Pesawat sinar-X C-Arm di RSUP Dr. M. Djamil Padang

Hasil perhitungan nilai dosis tipikal untuk setiap pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil perhitungan nilai dosis tipikal untuk setiap pemeriksaan

Jenis Pemeriksaan	Penelitian ini (2025)			TPD Indonesia (2022)		
	DAP ($Gy.cm^2$)	Total Kerma (mGy)	*Fluorotime* (s)	DAP ($Gy.cm^2$)	Total Kerma (mGy)	*Fluorotime* (s)
CAG	13,5	125,56	920	24	330	-
PCI	19,7	160,58	878	53	790	-
PTCA	12,62	162,3	663	14	510	-

Keterangan: – artinya BAPETEN belum menetapkan nilai besaran dosis tersebut.

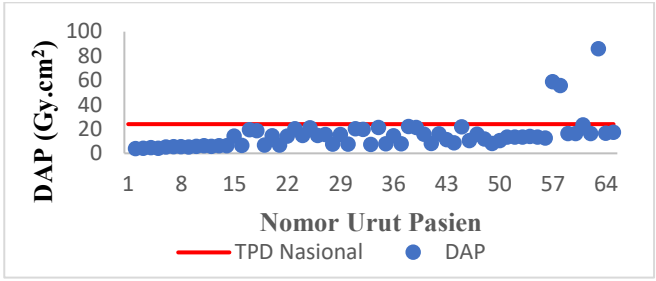
Berdasarkan Tabel 1 nilai dosis tipikal untuk besaran dosis DAP dan total Kerma pada modalitas pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm di RSUP Dr. M. Djamil Padang lebih rendah daripada TPD Indonesia yang telah ditetapkan oleh BAPETEN (BAPETEN, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa RSUP Dr. M. Djamil Padang telah memenuhi prinsip optimisasi proteksi radiasi paparan medik, namun rumah sakit harus tetap melakukan penetapan nilai dosis tipikal secara berkala minimal satu kali dalam setahun. Hal ini bertujuan untuk memastikan dosis radiasi yang diberikan kepada pasien optimal dengan hasil kualitas citra yang sesuai dengan tujuan diagnostik. Hasil penelitian ini sudah sesuai dengan hipotesis awal penelitian bahwa nilai dosis tipikal yang didapatkan lebih rendah daripada TPD Indonesia.

Berdasarkan Tabel 1 juga dapat dilihat bahwa nilai dosis tipikal untuk besaran dosis fluorotime belum ditetapkan oleh BAPETEN disebabkan karena ketersediaan informasi fluorotime pada modalitas

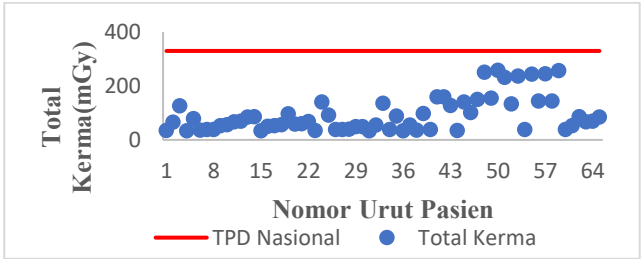
pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm rumah sakit yang ada di Indonesia masih minim untuk menetapkan standar nilai TPD Indonesia. Namun, hasil nilai TPD dari penelitian ini dapat menjadi pedoman awal atau rujukan untuk pengembangan standar nasional di waktu yang akan datang. Nilai-nilai ini dapat dijadikan sebagai landasan untuk evaluasi internal di rumah sakit dan juga sebagai saran bagi BAPETEN dalam menyusun pedoman serta batas dosis yang lebih komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya menyajikan gambaran tentang praktik setempat, tetapi juga mendukung pengembangan kerangka kerja nasional untuk optimisasi proteksi radiasi dalam bidang radiologi intervensional.

3.2 Distribusi Nilai DAP dan total Kerma pada Pemeriksaan C-Arm

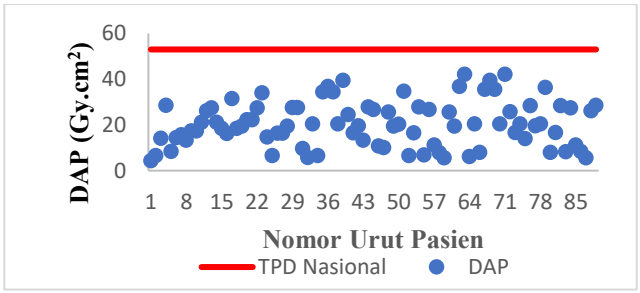
Distribusi nilai DAP dan total Kerma pada pemeriksaan CAG, PCI, dan PTCA dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 6.



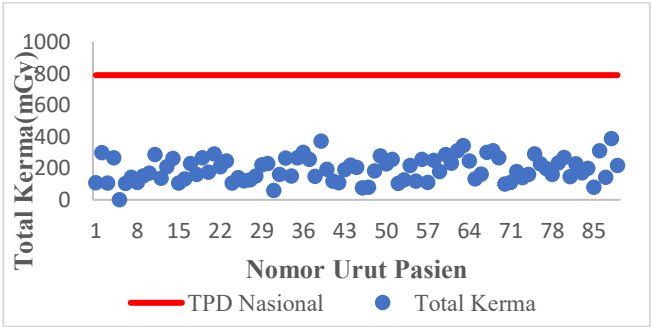
Gambar 1 Distribusi nilai DAP pada pemeriksaan CAG



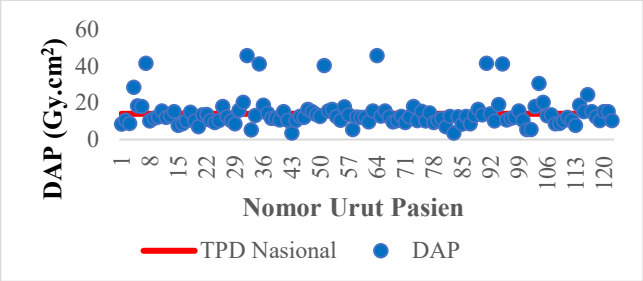
Gambar 2 Distribusi nilai total Kerma pada pemeriksaan CAG



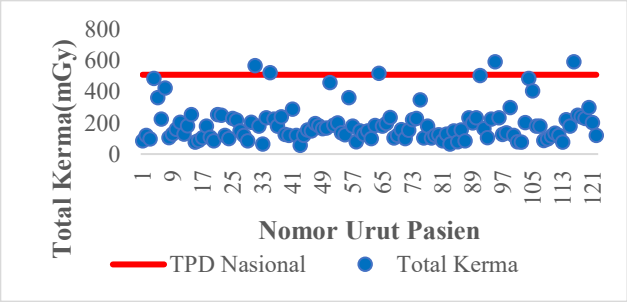
Gambar 3 Distribusi nilai DAP pada pemeriksaan PCI



Gambar 4 Distribusi nilai total Kerma pada pemeriksaan PCI



Gambar 5 Distribusi nilai DAP pada pemeriksaan PTCA



Gambar 6 Distribusi nilai total Kerma pada pemeriksaan PTCA

Distribusi nilai DAP dan total Kerma pada pemeriksaan CAG dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Berdasarkan kedua gambar tersebut didapatkan bahwa nilai total Kerma berada di bawah standar nilai TPD Indonesia namun beberapa data nilai DAP melebihi standar nilai TPD Indonesia yang direkomendasikan BAPETEN. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi paparan yang cukup lama terhadap pasien dan terdapat pengambilan *cine* (rekaman gambar) yang cukup banyak sehingga menyebabkan peningkatan nilai DAP. Faktor-faktor ini mengakibatkan peningkatan dalam eksposure radiasi pasien, bahkan pada prosedur yang semestinya bersifat diagnostik dan memiliki dosis rendah seperti CAG. Oleh karena itu, untuk secara efisien menurunkan dosis DAP, diperlukan strategi menyeluruh yang mencakup pelatihan bagi radiografer dan monitoring penggunaan fluoroskopi dan *cine* (rekaman gambar) terutama untuk radiografer yang bertugas pada pemeriksaan CAG.

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa sebaran data nilai DAP dan total Kerma pemeriksaan PCI berada di bawah standar nilai TPD Indonesia yang direkomendasikan BAPETEN. Hal ini menunjukkan bahwa pelaksanaan prosedur oleh radiografer yang bertugas pada pemeriksaan PCI di RSUP Dr. M. Djamil Padang sudah sesuai dengan prinsip proteksi radiasi. Sebaran data yang konsisten berada di bawah standar TPD Indonesia menunjukkan bahwa hasil citra yang didapatkan masih memadai untuk digunakan dalam keperluan diagnostik.

Distribusi nilai DAP dan total Kerma pada pemeriksaan PTCA dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Berdasarkan kedua gambar tersebut didapatkan bahwa data nilai DAP berada di bawah standar nilai TPD Indonesia namun beberapa nilai total Kerma melebihi standar nilai TPD Indonesia yang direkomendasikan BAPETEN. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi paparan yang cukup lama terhadap pasien sehingga menyebabkan peningkatan nilai total Kerma yang disebabkan oleh kompleksitas klinis dan pengaturan teknis yang belum optimal. Oleh karena itu, penetapan dosis dalam prosedur intervensi tidak hanya bergantung pada alatnya, tetapi juga pada pemahaman operator dalam menyeimbangkan kebutuhan klinis dengan prinsip proteksi radiasi.

3.3 Perbandingan dan Evaluasi Nilai Dosis Tipikal dengan TPD Beberapa Penelitian Sebelumnya dan Beberapa Negara

Perbandingan nilai dosis tipikal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan nilai dosis tipikal untuk setiap pemeriksaan

Referensi/Penelitian	DAP (Gy. cm^2)			Total Kerma (mGy)		
	CAG	PCI	PTCA	CAG	PCI	PTCA
Penelitian ini (2025)	13,5	19,7	12,5	66,5	190,8	162,3
Charlos et al. (2022)	21,6	60,1	-	212,3	564,7	-
Purba et al. (2022)	45,8	146,5	-	609,3	2.385	-
Febriana et al. (2023)	28,83	58,22	-	-	-	-
Jepang (Japan DRLs, 2020)	59	130	-	700	1800	-
Austria (EUCLID, 2021)	45	130	-	-	-	-
UK (EUCLID, 2021)	31	-	40	-	-	-
Finlandia (EUCLID, 2021)	30	75	-	-	-	-

Keterangan: – artinya belum ada nilai pada pemeriksaan tersebut

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai dosis tipikal RSUP Dr. M. Djamil Padang jika dibandingkan dengan beberapa penelitian lain seperti Charlos et al. (2022), Purba et al. (2022), dan Febriana et al. (2023) relatif lebih rendah. Nilai dosis tipikal pada pemeriksaan CAG dan PCI yang mereka dapatkan lebih tinggi dari nilai dosis tipikal penelitian ini, sedangkan pada pemeriksaan PTCA mereka tidak melakukan penelitian tersebut sehingga tidak ada nilai besaran dosis radiasi yang dapat dibandingkan dengan penelitian ini. Hal ini menunjukkan bahwa radiografer dan fisikawan medis di RSUP Dr. M. Djamil Padang telah berhasil mengoptimalkan dosis radiasi secara lebih efektif. Spesifikasi modalitas alat radiologi intervensional yang digunakan setiap rumah sakit memiliki tipe pesawat, merek, dan keluaran dari pabrik yang berbeda-beda. Faktor eksposi yang digunakan radiografer dalam pemeriksaan radiologi intervensional berbeda tergantung pada ketebalan tubuh dan massa tubuh pasien. Perlu adanya pelatihan dan kesadaran bagi radiografer dalam memilih protokol yang tepat sesuai terhadap pasien. Oleh karena itu, kombinasi teknologi dan keterampilan manusia tetap sangat penting dalam praktik radiologi intervensio

Berdasarkan Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa nilai dosis tipikal RSUP Dr. M. Djamil Padang pada modalitas pesawat sinar-X C-Arm lebih rendah dari TPD di beberapa negara yaitu Jepang, Austria, UK, dan Finlandia. Hal ini dikarenakan bentuk fisik manusia, peralatan (modalitas radiologi intervensional), faktor eksposi dan teknik yang digunakan dalam prosedur pemeriksaan setiap negara berbeda-beda. Bentuk tubuh manusia di negara Austria, UK, dan Finlandia lebih besar daripada bentuk tubuh manusia di Asia khususnya Indonesia sehingga membutuhkan dosis radiasi yang lebih besar daripada Indonesia. Teknik radiografi yang digunakan setiap negara berbeda, sehingga perlu adanya dorongan berupa pelatihan berkelanjutan untuk radiografer dalam mengoperasikan modalitas yang aman dan efisien untuk meminimalkan dosis yang diberikan tanpa mengurangi kualitas hasil citra.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan protokol radiologi intervensional sudah cukup efektif dalam menjaga dosis radiasi tetap dalam batas aman. Namun, adanya variasi data, terutama yang melebihi standar BAPETEN, menjadi indikasi bahwa kontrol terhadap faktor eksposi masih perlu ditingkatkan. Upaya edukasi dan pelatihan berkelanjutan kepada radiografer sangat diperlukan agar mereka dapat lebih bijak dalam menentukan parameter teknik yang sesuai dengan kondisi pasien dan kebutuhan klinis.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai dosis tipikal RSUP Dr. M. Djamil Padang pada modalitas pesawat sinar-X fluoroskopi C-Arm telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh BAPETEN nomor: 3426/K/XI/2022 karena berada di bawah rekomendasi nilai TPD Indonesia. Nilai dosis tipikal di RSUP Dr. M. Djamil Padang lebih rendah dari nilai TPD beberapa penelitian sebelumnya dan TPD beberapa negara seperti Jepang, Austria, UK, dan Finlandia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Akhadi, M., 2020, Sinar-X Menjawab Masalah Kesehatan, Deepublish, Yogyakarta.

BAPETEN, 2020, Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2020 Tentang Keselamatan Radiasi Pada Penggunaan Pesawat Sinar-X Dalam Radiologi Diagnostik Dan Intervensional, https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-bada pengawas-tenaga-nuklir-no-4-tahun-2020-tentang-keselamatan-radiasi-pada penggunaan-pesawat-sinar-x-dalam-radiologi-diagnostik-dan-intervensional (diakses 14-Juni-2025).

BAPETEN, 2024, Penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia tentang Penetapan Nilai Tingkat Panduan Diagnostik Indonesia untuk Pemeriksaan Pasien dengan Pesawat Sinar-X Radiografi Gigi dan Pesawat Sinar-X Mamografi https://jdih.bapeten.go.id/unggah/dokumen/peraturan/1192- full.pdf (diakses 14-Juni-2025).

Bushberg, J.T., Seibert, J.A., Leidholdt JR, E.M., Boone, J.M., 2012, *The Essential Physics of Medical Imaging*, Edisi Ketiga, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.

Crowhurst, J.A., Whitby, M., Savage, M., Hms, B., Murdoch, D., Robinson, B., Shaw, E., Gaikwad, N., Saireddy, R., Hay, K., Walters, D.L., 2018, Factors contributing to radiation dose for patients and operators during diagnostic cardiac angiography, Hal. 20–29, DOI: 10.1002/jmrs.315.

EUCLID, 2021, European Study on Clinical Diagnostic Reference Levels for X-ray Medical Imaging, European Commission, United State of America.

IAEA, 2023, Iaea Human Health Series Establishingand Improvinginterventiona Radiology,https://wwwpub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1983_web.pdf (diakses 14-Juni-2025).

IAEA., 2018, Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, Spesific Safety Guide No. SSG-46, https://wwwpub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1818_web.pdf (diakses 14-Juni2025).

Isoardi, P., D'Ercole, L., Cavallari, M., Gianusso, L., Pini, S., Giordano, C., Angelini, L., Colombo, P.E., Canne, S.D., Vecchio, A. Del, Di Liberto, R., Farnedi, S., Ghetti, C., Lorenzini, E., Origgi, D., Paruccini, N., Pasquino, M., Cutaia, C., Quattrocchi, M., Riccardi, L., Soavi, R., Strocchi, S., Trianni, A., Venturi, G., 2019, Patient dose in angiographic interventional procedures: A multicentre study in Italy, Physica Medica, Vol. 64, Hal. 273–292, DOI: 10.1016/j.ejmp.2019.06.008.

Japan Network for Research an Information on Medical Exposure, 2020, National Diagnostic Reference Levels in Japan, https://jrime.qst.go.jp/report/DRL2020_Engver.pdf , (diakses 14-Juni-2025).

Miyantra, T.S., 2023, Evaluasi dosis radiasi pada pemeriksaan radiologi intervensi Coronary Angiography Rumah Sakit Umum Arifin Achmad, Nautical : Jurnal Ilmiah Multidisiplin, Vol. 1, Hal. 1391–1398.

Pertama, E., 2019, Perkembangan Terapi Intervensi pada Penyakit Jantung Koroner, Universitas Airlangga, Surabaya.

Purba, C.G., Wulandari, P.I., Sukadana, I.K., 2022, Estimasi Dosis Radiasi Pada Pasien Pemeriksaan Percutaneous Coronary Interventions (PCI) Di RSUP Prof.Dr. I.G.N.G Ngoerah, Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kedokteran, Vol. 1, Hal. 48–60, DOI: 10.55606/jurrike.v1i2.541.

Zubaidy, S.M., Wulandari, I., P., Atmanta, S., 2022, Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, A., , Evaluasi Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Diagnostic Coronary Angiography (DCA) Di RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2021, Jurnal Kesehatan Masyarakat, Vol. 6, Hal. 1768–1775.