

Efektivitas Penggunaan *Pendose* dalam Mengevaluasi Nilai Dosis Radiasi Petugas pada Operasional Alat *C-Arm* Di Rumah Sakit Umum Daerah Al Ihsan Pemprov Jawa Barat

Ardiana¹, Lili Julia Rahmat², Oktarina Damayanti³

^{1,2,3}Radiology Department, Politeknik Al Islam Bandung, West java, Indonesia

Corresponding author: Ardiana
Email: ardiana.dosentro@gmail.com

ABSTRACT

Background: The use of *C-Arm* in interventional radiology procedures has potential to expose both patients and radiation workers to ionize the radiation. Therefore, radiation dose monitoring is essential to ensure occupational safety in accordance with radiation protection principles. This study aimed to evaluate the radiation dose received by radiation workers using a personal dosimeter (*Pendose*) and to measure the output dose of the *C-Arm* device at Al-Ihsan General Regional Hospital, West Java.

Methods: This research employed a descriptive quantitative method with direct data collection from 64 examinations involving 10 radiographers. The data recorded included *C-Arm* output dose (mGy) and personal dose measured with *Pendose* (μSv) after each procedure. Descriptive statistical analysis was conducted, including mean, minimum, maximum, and standard deviation values, and data visualization was presented in the form of comparative and distribution charts..

Results: The results showed that the mean *C-Arm* output dose was **52.8 mGy** (range 0–1226.6 mGy; SD = 187.2), while the mean *Pendose* dose was **0.52 μSv** (range 0–18.3 μSv; SD = 2.26). Most examinations produced low radiation doses, but some procedures showed extreme values. The histogram indicated that the majority of doses were distributed within the lower range, with a few outliers in certain cases.

Conclusions: The radiation doses received by workers were relatively low and within safe limits, which is likely due to the short fluoroscopy duration and appropriate imaging techniques. Nevertheless, the presence of high-dose variations in several cases highlights the importance of continuous dose monitoring and the application of the ALARA principle in clinical practice.

Keyword: *C-Arm*; radiation; *Pendose*; occupational dose; fluoroscopy

Pendahuluan

Penggunaan fluoroskopi dalam prosedur bedah dan diagnostik, khususnya melalui perangkat *C-arm*, telah menjadi bagian integral dari pelayanan kesehatan modern (Ojodu et al., 2018). Ruang operasi dan intervensi medis yang menggunakan *C-arm* memungkinkan visualisasi real-time, yang sangat penting dalam tindakan seperti ortopedi, traumatologi, kardiologi dan pembedahan vaskular (Meurer, 2023). Namun demikian, di samping manfaat diagnostik dan terapeutik, *C-arm* menghasilkan radiasi hambur (*scatter*) yang dapat menyebabkan paparan radiasi bagi petugas yang berada di sekitarnya. Paparan ini, walaupun dalam dosis per-prosedur mungkin rendah, tetapi memiliki potensi akumulasi efek jangka panjang, seperti peningkatan risiko kanker, katarak, dan efek deterministik lainnya. Oleh karena itu, prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) dan regulasi proteksi radiasi menjadi dasar penting

dalam setiap fasilitas kesehatan yang menggunakan teknologi sinar-X (Gopee-Ramanan & Reis, 2016).

Risiko paparan radiasi dalam prosedur intervensi telah banyak diteliti secara global (Alvarez et al., 2022; Hiswara et al., 2022), menunjukkan perlunya optimasi teknik dan pemantauan dosis pekerja.

Dalam konteks nasional, regulasi dari BAPETEN mengatur dosis batas pekerja radiasi dan mewajibkan pemantauan dosis melalui dosimeter personal secara berkala (Nadia et al., 2024). Meskipun demikian, laporan lokal menunjukkan bahwa di beberapa RSUD, termasuk di Jawa Barat, fasilitas monitoring dan evaluasi paparan radiasi petugas belum selalu dilakukan secara optimal, terutama ketika prosedur menggunakan *C-arm* yang bersifat mobil dan posisi petugas bisa berubah-ubah selama Tindakan (Sahfira et al., 2024).

Salah satu penelitian menunjukkan bahwa variabel teknis seperti frame rate, voltase (kV), collimation, dan penggunaan pelindung (*shielding*) sangat memengaruhi besaran radiasi hambur dan

paparan ke petugas. Misalnya, penelitian di Eropa dan Asia memetakan distribusi radiasi hambur dan melaporkan bahwa penempatan dosimeter referensi pada alat dapat menjadi indikator cepat jika terjadi paparan tinggi, selaras dengan pembacaan dosimeter personal (Mohd Ridzwan et al., 2016).

Penelitian lain mengenai dosis radiasi pasien dan variabel teknis dalam pemeriksaan radiografi konvensional yang memberi gambaran bahwa variasi teknik dan karakteristik pasien menghasilkan dosis yang berbeda signifikan (Raharja et al., 2022). Selain itu, peneliti dengan judul “*Evaluasi Penerimaan Dosis Radiasi pada Pekerja Radiologi di Instalasi Radiologi RSUD Wonosari*” memberikan data riwayat dosis pekerja, korelasinya dengan volume pemeriksaan radiologi, dan menunjukkan bahwa meskipun dosis pekerja masih dalam batas aman regulasi, terdapat hubungan positif antara jumlah pemeriksaan dan dosis yang diterima petugas (Mas’uul et al., 2024).

Sampai saat ini belum banyak penelitian lokal secara sistematis yang mengevaluasi efektivitas penggunaan alat referensi/dosimeter yang dipasang pada unit *C-arm* yang dalam konteks lokal dikenal sebagai “*Pendose*” untuk mengestimasi paparan petugas dalam operasi *C-arm*. Ketiadaan data lokal mengenai korelasi antara nilai yang dibaca oleh *Pendose* dengan dosimeter personal petugas, serta pengaruh faktor prosedural dan teknis di rumah sakit daerah seperti RSUD Al-Ihsan, menjadi gap penelitian yang perlu dikaji.

Berdasarkan hal tersebut Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan *Pendose* dalam memantau dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi selama operasional alat *C-arm* di RSUD Al-Ihsan, Jawa Barat. Secara khusus, penelitian ini difokuskan untuk: mengukur dan membandingkan dosis radiasi yang dicatat oleh *Pendose* dengan dosimeter personal pada berbagai prosedur *C-arm*, menganalisis pengaruh faktor teknis dan prosedural terhadap perbedaan hasil pengukuran dosis, dan memberikan rekomendasi kebijakan proteksi radiasi berbasis bukti ilmiah guna mendukung keselamatan pekerja radiasi di rumah sakit

Metode

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif yang berfokus pada deskripsi data secara sistematis. Lokasi penelitian dilaksanakan di RSUD Al-Ihsan Provinsi Jawa Barat pada bulan Juli-Agustus 2025. Populasi penelitian adalah seluruh pekerja radiasi yang bertugas mengoperasikan alat *C-Arm*, dengan sampel sebanyak 10 orang radiografer yang terlibat selama periode penelitian. Data diperoleh

melalui pencatatan langsung terhadap hasil output dosis pada monitor *C-Arm* (satuan mGy) serta dosis personal dari *pendose* (satuan μSv) yang dikenakan oleh pekerja radiasi setelah setiap pemeriksaan selesai dilakukan.

Sampel dalam penelitian ini menggunakan 64 pemeriksaan yang diperoleh melalui metode *total sampling*. Instrumen penelitian berupa alat *C-Arm* dan dosimeter personal (*pendose*) yang digunakan sesuai standar proteksi radiasi di rumah sakit. Data dianalisis secara deskriptif menggunakan ukuran pemusatan (*mean*), dispersi (simpangan baku), serta nilai minimum dan maksimum. Temuan penelitian disajikan secara visual menggunakan tabel dan grafik sebagai representasi distribusi data serta tren perbandingan antara dosis keluaran *C-Arm* dengan dosis personal pekerja radiasi.

Hasil dan Pembahasan

Terdapat beberapa temuan dari data yang sudah diperoleh yaitu Jumlah pemeriksaan sebanyak 64 pemeriksaan dengan menggunakan *C-Arm*, Jumlah pekerja radiasi yang terlibat sebanyak 10 orang radiografer yang bertugas mengoperasikan alat *C-Arm* selama periode penelitian, Jenis pemeriksaan berupa variasi tindakan yang menggunakan *C-Arm* meliputi ORIF, Epiduralisis, Decompresi & Stabilisasi Posterior, ROI Radius, RPG, dan beberapa prosedur lainnya.

Dengan demikian, data penelitian ini mencerminkan aktivitas klinis nyata pekerja radiasi dalam penggunaan alat *C-Arm* serta memungkinkan dilakukan evaluasi perbandingan antara dosis keluaran alat dan dosis individu yang terekam pada *pendose*. Berikut adalah hasil analisis deskriptif dari temuan data di lapangan

Tabel 1. Statistik Deskriptif

Variabel	Mean	Min	Max	Standar deviasi
C-arm (mGy)	56.9	0.0	1226.6	188.7
Pendose (μSv)	0.68	0.0	18.3	2.36

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Dosis C-Arm

Rentang Dosis (mGy)	Frekuensi	Persentase
0 – 10	29	48.3%
11 – 50	18	30.0%
51 – 200	4	6.7%
201 – 500	2	3.3%
> 500	2	3.3%
Total	60	100%

Tabel 3. Distribusi Frekuensi Dosis Pendose

Rentang Dosis (μSv)	Frekuensi	Persentase
0 – 0.5	46	76.7%
0.6 – 1.0	6	10.0%
1.1 – 5.0	4	6.7%
> 5.0	4	6.7%
Total	60	100%

Data di atas menunjukkan distribusi data dan mayoritas pemeriksaan menghasilkan dosis rendah, meskipun terdapat beberapa nilai ekstrem yang jauh lebih tinggi. Kondisi ini sejalan dengan teori yang menyebutkan bahwa besarnya paparan radiasi sangat dipengaruhi oleh durasi fluoroskopi, teknik imaging, serta faktor operator (Ojodu et al., 2018; Meurer, 2023). Pemeriksaan dengan fluoroscopy time yang lebih singkat dan penggunaan teknik kolimasi yang tepat akan menghasilkan dosis yang lebih rendah.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Falahatkar et al. (2022) yang melaporkan bahwa pengurangan durasi fluoroskopi secara signifikan menurunkan dosis radiasi pasien, serta studi Cheng et al. (2022) yang membuktikan bahwa low-dose fluoroscopy protocol mampu menekan paparan tanpa menurunkan kualitas gambar. Dengan demikian, rendahnya rata-rata dosis pada penelitian ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh praktik penggunaan fluoroskopi yang lebih efisien oleh operator di RSUD Al-Ihsan.

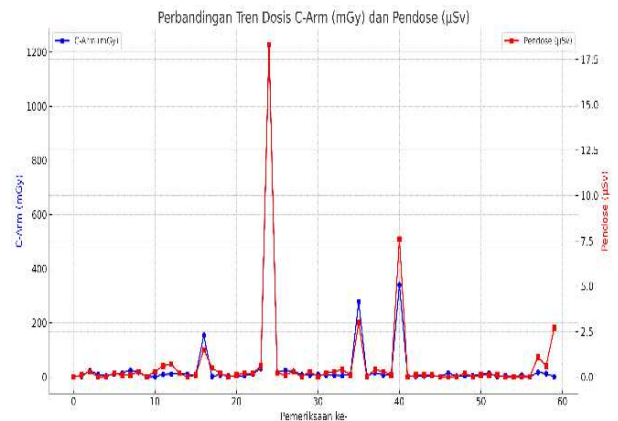
Meskipun demikian, keberadaan nilai dosis ekstrem, misalnya 1226,6 mGy pada C-Arm dan 18,3 μSv pada Pendose, menunjukkan bahwa dalam kondisi tertentu pekerja radiasi dapat terpapar lebih tinggi. Hal ini kemungkinan terjadi akibat durasi fluoroskopi yang lebih lama, jarak operator yang terlalu dekat dengan sumber radiasi, atau keterbatasan penggunaan proteksi tambahan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Raharja et al. (2022) di Indonesia yang menyebutkan bahwa variabilitas dosis pekerja sangat dipengaruhi oleh teknik operator dan penerapan prinsip proteksi radiasi.

Hasil penelitian ini mendukung penerapan prinsip ALARA sesuai panduan *ICRP Publication 103* serta ketentuan nasional dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013. Dosis personal rata-rata yang diperoleh menunjukkan tingkat paparan yang masih aman, yakni di bawah Nilai Batas Dosis (NBD), adanya variasi dan kasus outlier menegaskan perlunya monitoring dosis personal secara rutin, evaluasi penggunaan C-Arm, serta penguatan disiplin proteksi radiasi bagi pekerja. Hal ini penting untuk memastikan

keselamatan pekerja tetap terjaga dan risiko radiasi dapat ditekan seminimal mungkin.

Penelitian Miyantra et al. (2024) juga menunjukkan variasi dosis pada pemeriksaan coronary angiography di Indonesia, yang serupa dengan variasi nilai outlier pada penelitian ini

Berikut grafik dengan sumbu ganda yang membandingkan tren antara Output Dosis C-Arm (mGy) dan Dosis Pendose (μSv) untuk tiap pasien..

**Gambar 1.** Grafik perbandingan output dosis C-Arm dan dosis pendose

Grafik menunjukkan bahwa nilai output dosis C-Arm (mGy) bervariasi cukup besar antar pemeriksaan, mulai dari nilai sangat rendah (0,2 mGy) hingga sangat tinggi (lebih dari 1200 mGy). Sebaliknya, nilai dosis Pendose (μSv) cenderung lebih rendah dan relatif stabil, meskipun tetap menunjukkan kenaikan pada pemeriksaan dengan output C-Arm tinggi.

Hal ini sejalan dengan penelitian Al Zubaidy et al. (2023) yang menemukan bahwa pada prosedur diagnostic coronary angiography di Indonesia, durasi fluoroscopy memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya dosis radiasi pasien maupun operator.

Terlihat adanya pola kesesuaian: saat dosis C-Arm meningkat, dosis yang tercatat pada Pendose juga meningkat. Misalnya, pada pemeriksaan dengan output dosis sangat tinggi (1226,6 mGy dan 340,4 mGy), nilai Pendose juga naik signifikan (18,3 μSv dan 7,6 μSv). Namun, pada dosis rendah (misalnya <5 mGy), sebagian besar nilai Pendose tercatat mendekati 0 μSv atau sangat kecil.

Beberapa titik menunjukkan nilai C-Arm yang ekstrem tinggi yaitu 1226,6 mGy dengan lonjakan dosis Pendose. Hal ini perlu diperhatikan sebagai indikasi pemeriksaan dengan paparan yang tidak biasa atau lebih lama.

Meskipun output C-Arm tinggi, dosis yang diterima pekerja radiasi berdasarkan Pendose tetap relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa proteksi radiasi (APD, jarak, dan shielding) bekerja cukup efektif. Upaya proteksi tambahan seperti penggunaan shielding terbukti dapat menurunkan dosis pekerja (Zhang, 2023).

Perbedaan signifikan antara output C-Arm dan Pendose menegaskan pentingnya menggunakan pendose (dosimeter personal) dimana Output mesin hanya menggambarkan radiasi yang dihasilkan, sementara pendose mencatat radiasi aktual yang diterima oleh pekerja (Jang et al., 2020).

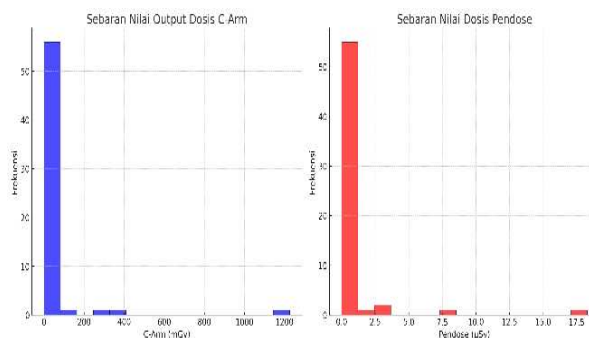
Adanya fluktuasi dosis Pendose meskipun tidak setinggi output mesin menandakan bahwa posisi pekerja, durasi paparan, dan penggunaan proteksi berperan penting dalam menentukan dosis individu.

Data ini mendukung teori dalam literatur ICRP 103 dan Permenkes No. 1014 Tahun 2008 yang menyebutkan bahwa dosis pekerja radiasi seharusnya tetap jauh di bawah ambang batas tahunan sebanyak 20 mSv/tahun rata-rata dalam 5 tahun, atau 50 mSv dalam setahun (Ghani et al., 2020).

Nilai dosis personal dalam penelitian ini sejalan dengan hasil studi di RSUP Adam Malik Medan, di mana nilai dosis pekerja radiologi (dokter, perawat, radiografer) tercatat pada kisaran 1-59 μ Sv tergantung jenis prosedur dan durasi paparan. Pemeriksaan dengan lonjakan dosis tinggi perlu dievaluasi kembali tekniknya yaitu waktu fluoroskopi, jarak sumber dengan pasien, dan proteksi petugas.

Temuan ini konsisten dengan studi Samsun et al. (2022) yang melaporkan bahwa dosis hamburan di ruang cathlab dapat ditekan melalui optimasi teknik fluoroscopy dan penggunaan dosimeter personal.

Data ini dapat menjadi baseline untuk evaluasi periodik terhadap paparan pekerja di ruang operasi atau intervensi yang menggunakan C-Arm.



Gambar 2. Grafik distribusi Nilai

Histogram C-Arm menunjukkan distribusi yang sangat lebar, mulai dari nilai mendekati 0 mGy

hingga lebih dari 1200 mGy. Sebagian besar pemeriksaan terkonsentrasi pada rentang rendah (0–30 mGy) dengan frekuensi cukup tinggi. Namun terdapat outlier berupa nilai yang sangat tinggi (ratusan hingga ribuan mGy), yang meskipun jarang terjadi tetapi sangat memengaruhi rata-rata dan variasi data.

Distribusi cenderung *right-skewed* (condong ke kanan) karena adanya nilai ekstrem yang jauh lebih besar dibanding mayoritas data.

Histogram Pendose menunjukkan bahwa mayoritas nilai berada di rentang rendah (0–1 μ Sv). Hanya sedikit kasus dengan nilai lebih tinggi, misalnya >5 μ Sv, dan hanya satu data yang mencapai 18,3 μ Sv (outlier).

Distribusi juga bersifat *right-skewed*, di mana sebagian besar nilai terkonsentrasi di dekat nol tetapi ada ekor panjang menuju nilai yang lebih besar.

Histogram sebaran nilai menunjukkan bahwa output dosis C-Arm (mGy) memiliki rentang yang sangat lebar, dengan sebagian besar pemeriksaan berada pada kategori rendah antara 0–30 mGy, namun terdapat beberapa nilai ekstrem yang mencapai lebih dari 1000 mGy. Kondisi ini mencerminkan variasi penggunaan C-Arm yang dipengaruhi oleh faktor teknis, seperti durasi fluoroskopi, mode pemeriksaan, serta kompleksitas tindakan intervensi (Ojodu et al., 2018). Sebaran data yang cenderung condong ke kanan (*right-skewed*) mengindikasikan bahwa meskipun sebagian besar pemeriksaan menggunakan monitoring rendah, terdapat sejumlah kecil pemeriksaan dengan paparan tinggi yang secara signifikan memengaruhi rata-rata dan variasi data.

Sebaliknya, sebaran dosis *Pendose* (μ Sv) yang merepresentasikan paparan aktual pekerja radiasi menunjukkan kecenderungan yang relatif stabil dengan nilai yang umumnya berada di bawah 1 μ Sv. Hanya sedikit kasus dengan paparan di atas 5 μ Sv, dan terdapat satu nilai ekstrem sebesar 18,3 μ Sv. Pola distribusi ini menegaskan bahwa proteksi radiasi yang diterapkan di ruang pemeriksaan berjalan cukup efektif, sehingga dosis yang diterima pekerja tetap jauh lebih rendah dibandingkan output yang dihasilkan oleh C-Arm.

Hasil ini sejalan dengan teori proteksi radiasi yang dinyatakan dalam ICRP Publication 103 dan regulasi nasional seperti Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013, yang menegaskan perlunya menjaga tingkat paparan radiasi pekerja di bawah ambang batas 20 mSv per tahun (rata-rata lima tahunan), sesuai dengan prinsip ALARA yang menjadi dasar utama dalam

praktik proteksi radiasi. Meskipun distribusi dosis Pendose menunjukkan nilai yang relatif kecil, keberadaan outlier menandakan bahwa masih terdapat potensi paparan lebih tinggi pada kondisi tertentu, misalnya saat fluoroskopi digunakan lebih lama atau pekerja berada lebih dekat dengan sumber radiasi.

Penelitian ini menegaskan pentingnya monitoring dosis personal secara kontinu dan evaluasi teknis penggunaan C-Arm pada pemeriksaan yang memerlukan paparan lebih tinggi. Upaya ini diperlukan untuk memastikan keselamatan pekerja radiasi tetap terjaga, serta mendukung implementasi proteksi radiasi yang optimal sesuai dengan standar internasional maupun regulasi nasional.

Penelitian terbaru oleh Richter et al. (2025) menekankan pentingnya dosimetri real-time dalam fluoroscopy guided procedures untuk memastikan paparan pekerja tetap terkendali, sesuai dengan prinsip proteksi radiasi ALARA.”

Penelitian Oinike et al. (2020) pada pemeriksaan cerebral DSA menggunakan biplane C-Arm juga menunjukkan bahwa dosis organ kritis pasien meningkat dengan bertambahnya durasi fluoroscopy, mendukung temuan penelitian ini bahwa faktor teknis fluoroscopy berperan penting dalam besarnya dosis radiasi.

Daftar Pustaka

- Al Zubaidy, M., Wulandari, I., & Atmanta, D. (2023). dosis radiasi pada pemeriksaan diagnostic coronary angiography (DCA) di RSUD Provinsi Nusa Tenggara Barat Tahun 2021. *PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(3), 155–164. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i3.8294>
- Alvarez, M., Milani, A. L. C., Souza, S. P., Rodrigues, F. M., Alves, A. F. F., Junior, E. J. de C., & Pina, D. R. (2022). Dosimetry assessment for mobile c-arm: use of badge attached to the equipment. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 10(2A). <https://doi.org/10.15392/bjrs.v10i2a.1845>
- Cho, Y. D., Lee, J. Y., Kim, K. M., Lee, J. H., Kang, H. S., Han, M. H., & Kwon, B. J. (2020). Low-dose fluoroscopy protocol for diagnostic cerebral angiography. *Neurointervention*, 15(2), 90–96. <https://doi.org/10.5469/neuroint.2020.00129>
- Falahatkar, S., Haghjoo, P., Esmaili, S. et al. Fluoroscopy screening time and radiation dose during complete supine percutaneous nephrolithotomy. *World J Urol* 40, 2601–2607 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00345-022-04138-5>
- Ghani, M., Khan, K., Bahadur, A., & Khan, T. (2020). *Occupational Radiation dose to workers in a cancer hospital*. 1. <https://doi.org/10.24911/PJNMED.175-1556468671>
- Gopee-Ramanan, P., & Reis, S. (2016). *Principles of Radiation Safety in Interventional Radiology* (pp. 9–13). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17238-5_3
- Hiswara, E., Kartikasari, D., Nuraeni, N., Sofyan, H., & Sandy, K. Y. P. (2022). Patient Radiation Doses in Interventional Cardiology Procedure. *Atom Indonesia*, 48(2), 81. <https://doi.org/10.17146/aij.2022.1158>
- Jang, M., Kim, S. R., & Kim, D. G. (2020). *Personal dosimeter with position tracking function, and decommissioning worker real-time safety management system using same*
- Keenen, T. L., Demirel, S., Gheen, A., Casabarro, B., & Fleishman, D. (2023). Intraoperative Fluoroscopy Radiation Using OEC 9900 Elite C-arm: Risk and Method for Decreasing Exposure. *Health Physics*, 124, 380–390. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001679>
- Mas'uul, A. R., Putro, W. M. C., Marlina, D., Budiyo, T., & Handoyo, J. E. (2024). Evaluasi penerimaan dosis radiasi pada pekerja radiasi di instalasi radiologi rsud wonosari. *Kaunia: Jurnal Teknosains Dalam Islam*, 19(2), 43–49. <https://doi.org/10.14421/kaunia.4243>
- Meurer, F. (2023). Intraoperative imaging with the mobile C-arm: Technique, image creation and radiation protection. *European Journal of Trauma*. <https://doi.org/10.1007/s00113-023-01379-w>
- Miyantra, T. S., Wulandari, R., & Sari, D. (2024). Evaluasi dosis radiasi pada pemeriksaan radiologi intervensi coronary angiography di Rumah Sakit Umum Arifin Achmad. *Nautical Jurnal Ilmu Radiologi dan Kesehatan*, 2(11), 45–53. <https://doi.org/10.55904/nautical.v2i11.615>
- Mohd Ridzwan, S. F., Selvarajah, S. E., & Abdul Hamid, H. (2016). Radiation Dose Management in Fluoroscopy Procedures: Less is More? *Jurnal Sains Kesihatan Malaysia*, 14(2), 103–109. <https://doi.org/10.17576/JSKM-2016-1402-12>

- Nadia, F. A., Bunawas, B., & Anita F., A. F. (2024). Pemantauan Dosis Ekstrimitas Tangan Hp(0,07) Menggunakan pada Pekerja Radiasi dengan Prosedur 18F di Kedokteran Nuklir. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir*, 4(2), 87–93. <https://doi.org/10.53862/jupeten.v4i2.01>
- Oinike, W., Winarno, P., & Purwatiningsih. (2020). Penerimaan dosis organ kritis pada pemeriksaan cerebral DSA dengan biplane C-Arm. *Jurnal Radiografer Indonesia*, 3(1), 23–30. <https://doi.org/10.55451/jri.v3i1.60>
- Ojodu, I., Ogunsemoyin, A., Hopp, S., Pohlemann, T., Ige, O. O., & Akinola, O. (2018). C-arm fluoroscopy in orthopaedic surgical practice. *European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology*, 28(8), 1563–1568. <https://doi.org/10.1007/S00590-018-2234-7>
- Raharja, H. D. R., Supit, N. I., & Haposan, U. N. (2022). *Estimasi dan audit dosis radiasi pasien pada pemeriksaan radiografi konvensional toraks pa dengan teknik high kvp*. 2(1), 63–68. <https://doi.org/10.53862/ssi.v2.072022.010>
- Richter, M., Albrecht, L., Fischer, M., Tietze, A., Wollschläger, L. M., Schönenberger, S., ... & Dörfler, A. (2025). Real-time dosimetry in interventional radiology: Comparing the occupational radiation exposure in fluoroscopy-guided lower extremity and abdominal procedures. *European Radiology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00330-025-11566-5>
- Samsun, S., Suyono, S., & Suryani, L. (2022). Analysis of scattered radiation dose in cardiac catheterization examination in the cathlab room using TLD. *Asian Journal of Engineering, Social and Health (AJESH)*, 2(11), 89–97. <https://doi.org/10.46799/ajesh.v2i11.180>
- Zhang, P. (2023). *Radiation Protection* (pp. 405–434). https://doi.org/10.1007/978-981-990949-0_11