

Analisis Efektivitas Penerapan Proteksi Radiasi pada Ruangan CT Scan di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar

Zulkifli Tri Darmawan¹ Nurwahida² Muhammad Rusli³ Herlinda Mahdania Harun⁴ Indah Musdalifah⁵
Sitti Normawati⁶ Andi Nur Intan Wulandari⁷

^{1,3,7} *Diploma IV Program in Imaging Radiologic Technology, Politeknik Muhammadiyah Makassar*

^{2,4,5,6} *Diploma III Program in Radiology, Politeknik Muhammadiyah Makassar*

Corresponding author: Zulkifli Tri Darmawan

Email: zulkifli.tri@poltekkesmu.ac.id

ABSTRACT

Background: Radiation protection in CT Scan rooms is essential to ensure the safety of radiology workers from ionizing radiation exposure. BAPETEN standards regulate protective equipment and room design to ensure annual radiation doses do not exceed 20 mSv. However, compliance with these standards varies in practice. The purpose of this study is to analyze the effectiveness of radiation protection implementation in the CT Scan room of Bhayangkara Hospital Makassar, focusing on the availability of protective equipment and staff compliance in its use.

Methods: This study applied a descriptive qualitative approach through direct observation, interviews, and documentation in May 2025. The analysis focused on the conformity of CT Scan room design to BAPETEN Regulation No. 4 Year 2020, and the availability and use of personal protective equipment (PPE) by radiology personnel.

Results: The CT Scan room met regulatory standards, with dimensions of 6×7×3 meters and brick walls lined with lead. Lead aprons were available; however, gonad shields, thyroid shields, lead glasses, and lead gloves were not provided. Furthermore, staff discipline in wearing thermoluminescent dosimeters (TLDs) was inconsistent.

Conclusion: Radiation protection implementation in the CT Scan room of Bhayangkara Hospital Makassar partially meets regulatory standards. The lack of complete PPE and inconsistent TLD usage remain significant challenges to achieving optimal radiation protection.

Keyword : Radiation protection; CT Scan; BAPETEN; Personal Protective Equipment; TLD

Pendahuluan

CT Scan (*Computed Tomography Scan*) adalah salah satu teknologi penunjang diagnostik yang penting di rumah sakit. CT Scan bekerja dengan menggunakan radiasi pengion untuk menghasilkan citra detail organ dalam tubuh manusia, sehingga memudahkan tenaga medis dalam menegakkan diagnosis (Sukaryono et al., 2024; Irsal & Winarno, 2020; Wanara et al., 2020). Namun, penggunaan radiasi pengion memiliki risiko kesehatan yang serius, baik bagi pasien maupun tenaga medis, jika tidak diikuti dengan penerapan proteksi radiasi yang optimal (Noor & Normahayu, 2014; Dian Pratiwi et al., 2021). Penggunaan radiasi dalam kegiatan medis juga telah meningkat secara signifikan dan kegiatan medis saat ini menjadi penyumbang

terbesar kedua terhadap paparan radiasi yang kita terima yakni sekitar 20% (Nurjannah, et.al., 2023; Julianti, 2023).

Pemerintah Indonesia melalui BAPETEN telah menetapkan standar keselamatan radiasi sebagaimana diatur dalam Peraturan BAPETEN No. 4 Tahun 2020, untuk membatasi dosis radiasi pekerja maksimal 20 mSv per tahun dan memastikan lingkungan kerja yang aman (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2020; Mindola, 2021; Napitupulu, et.al, 2023). Sayangnya, penerapan standar tersebut tidak selalu berjalan optimal di lapangan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji efektivitas penerapan proteksi radiasi pada ruangan CT Scan di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar sebagai rumah sakit rujukan tipe B.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sejauh mana penerapan dan kelengkapan proteksi radiasi sesuai standar BAPETEN telah dilaksanakan di ruang CT Scan rumah sakit tersebut. Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji aspek proteksi radiasi pada instalasi radiologi. Penelitian sebelumnya mengevaluasi pemanfaatan sumber radiasi pengion pada ruang CT Scan di rumah sakit tipe B dan menemukan bahwa penerapan proteksi radiasi telah memenuhi sebagian besar standar, tetapi kedisiplinan penggunaan alat proteksi diri masih rendah (Syahda et al., 2021).

Penelitian Harwin et al. (2022) di RS Otak Dr. M Hatta Bukittinggi juga menunjukkan hal serupa, bahwa meskipun desain ruangan sudah sesuai, penggunaan TLD oleh petugas tidak optimal. Hasil serupa diungkapkan oleh Dina Aulya et al. (2024), yang menekankan pentingnya pemantauan dosis menggunakan alat seperti TLD untuk meminimalkan risiko kesehatan.

Studi internasional oleh Almalki et al., (2021) di Arab Saudi pun menggarisbawahi lemahnya kepatuhan petugas terhadap penggunaan pelindung radiasi meski tersedia fasilitas memadai. Meski sejumlah studi telah membahas efektivitas proteksi radiasi, penelitian tentang implementasi proteksi di ruang CT Scan di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar belum pernah dilakukan secara spesifik. Kesenjangan ini penting diisi mengingat setiap rumah sakit memiliki karakteristik fasilitas, kepatuhan petugas, dan kebijakan manajemen yang berbeda-beda.

Belum ada penelitian komprehensif yang menggabungkan data kelengkapan alat proteksi, desain ruangan, serta disiplin petugas dalam satu kajian di rumah sakit ini. Selain itu, hasil audit internal atau eksternal terkait proteksi radiasi di RS Bhayangkara juga jarang dipublikasikan secara akademik, sehingga data empiris dari penelitian ini diharapkan mampu menjawab kesenjangan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan proteksi radiasi pada ruangan CT Scan di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar dengan fokus pada kelengkapan alat pelindung diri, desain ruangan, dan kepatuhan petugas dalam penggunaannya.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan holistik yang digunakan, menggabungkan observasi, wawancara, dan dokumentasi guna menghasilkan data komprehensif yang dapat menjadi rujukan bagi pihak rumah sakit dan instansi pengawas. Hasil

penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa rekomendasi perbaikan implementasi proteksi radiasi, sekaligus menjadi literatur tambahan untuk penelitian serupa di masa mendatang.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif melalui pendekatan observasi langsung ke lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan penerapan proteksi radiasi di ruangan CT Scan Rumah Sakit Bhayangkara Kota Makassar. Fokus penelitian adalah kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD) di ruang CT Scan, kesesuaian setiap desain ruangan dengan standar Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) No. 4 Tahun 2020 dan kepatuhan petugas dalam penerapan proteksi radiasi.

Populasi penelitian adalah seluruh petugas proteksi radiasi dan radiografer yang bertugas di Rumah Sakit Bhayangkara Kota Makassar. Sampel diambil secara purposive, yaitu hanya petugas yang terlibat langsung dalam prosedur pemeriksaan di ruangan CT Scan pada bulan Mei 2025.

Pengambilan data dilakukan melalui pengamatan langsung ke lapangan untuk melihat penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) di ruangan CT Scan Rumah Sakit Bhayangkara Kota Makassar. Peneliti juga mengamati penataan desain ruangan dan akan disesuaikan dengan regulasi yang tercantum pada Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) No. 4 Tahun 2020. Selain itu, wawancara dilakukan secara mendalam terhadap petugas proteksi radiasi dan radiografer guna memperoleh informasi terkait pengalaman kerja, tingkat kepatuhan, serta kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan proteksi radiasi. Dokumentasi visual juga dilaksanakan untuk memperkuat bukti lapangan, meliputi pengambilan foto fasilitas dan alat proteksi yang tersedia di ruang CT Scan.

Instrumen penelitian berupa lembar observasi dirancang khusus dengan mengacu pada ketentuan BAPETEN No. 4 Tahun 2020 serta panduan dari IAEA (2019), sehingga setiap detail terkait desain ruangan, ketersediaan, dan pemakaian alat pelindung diri (APD) dapat tercatat secara sistematis. Untuk melengkapi informasi yang bersifat visual dan pengalaman pribadi, peneliti juga menggunakan panduan wawancara yang disusun agar dapat menggali pandangan, pengalaman kerja, serta kebiasaan

petugas radiologi dalam menjalankan prosedur proteksi radiasi. Tak hanya itu, dokumentasi visual turut dilakukan untuk merekam kondisi sebenarnya di lapangan, baik berupa fasilitas maupun peralatan pelindung yang ada, sehingga temuan dari observasi dan wawancara memiliki bukti pendukung yang kuat.

Proses analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap agar hasil yang diperoleh benar-benar menggambarkan kondisi yang terjadi di lapangan. Tahap pertama adalah dengan mereduksi data, yaitu memilah dan memusatkan perhatian pada informasi yang relevan dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi. Setelah data tersaring, tahap berikutnya adalah menyajikannya dalam bentuk narasi deskriptif yang menggambarkan temuan secara jelas, dilengkapi tabel untuk memperkuat visualisasi hasil pengamatan. Langkah terakhir adalah menarik kesimpulan berdasarkan temuan utama, kemudian membandingkan hasil tersebut dengan penelitian-penelitian serta studi nasional yang dilakukan oleh beberapa peneliti jurnal terakreditasi. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat sejauh mana penerapan proteksi radiasi di lokasi penelitian memiliki kesesuaian atau perbedaan dengan temuan di berbagai rumah sakit lainnya.

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari komite yang berwenang di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar, sebagai bentuk kepatuhan terhadap prinsip-prinsip penelitian yang aman dan menghormati hak partisipan. Seluruh mekanisme penelitian dilaksanakan berdasarkan regulasi dan peraturan yang ada demi memastikan bahwa keterlibatan mereka bersifat sukarela dan dilakukan dengan penuh kesadaran.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan proteksi radiasi di ruang CT Scan Rumah Sakit Bhayangkara Makassar telah memenuhi sebagian standar yang ditetapkan BAPETEN No.4 Tahun 2020. Ruang CT Scan memiliki ukuran 6×7×3 meter dengan dinding bata bertimbal, yang sesuai dengan persyaratan keselamatan radiasi. Namun, dari aspek alat pelindung diri, hanya apron Pb yang tersedia dan digunakan secara rutin oleh petugas, sedangkan pelindung gonad, pelindung tiroid, kacamata Pb, dan sarung tangan Pb tidak tersedia. Selain itu, kepatuhan petugas dalam penggunaan

Thermoluminescent Dosimeter (TLD) belum optimal; sebagian besar petugas tidak menggunakan TLD secara konsisten saat bertugas.

Tabel 1. Hasil Observasi Alat Pelindung Diri di Ruang CT Scan RS Bhayangkara Makassar

No	Jenis Alat Pelindung Diri	Kelengkapan Alat Pelindung Diri	
		Jumlah	Keterangan
1	Apron Pb	1	Dipakai
2	Sarung Tangan Pb	0	Tidak Dipakai
3	Kacamata Pb	0	Tidak Dipakai
4	Pelindung Tiroid	0	Tidak Dipakai
5	Pelindung Gonad	0	Tidak Dipakai
6	Surveimeter	0	Tidak Dipakai
Total		1	

Hasil penelitian ini juga mengonfirmasi bahwa desain struktural ruangan CT Scan sudah memadai sesuai regulasi BAPETEN, yang sejalan dengan hasil studi Harwin et al., (2022) di RS Otak Dr. M Hatta Bukittinggi dan Purnamasari et al. (2023) di RS Arifin Achmad. Namun, penelitian ini menemukan adanya keterbaruan berupa data empiris di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar, yang menunjukkan adanya kesenjangan nyata antara ketersediaan fasilitas proteksi struktural dengan proteksi personal. Temuan ini memperkuat argumen IAEA (2019) bahwa proteksi radiasi tidak hanya bergantung pada desain ruangan, tetapi juga pada budaya keselamatan yang tertanam di kalangan petugas radiologi.

Dibandingkan dengan studi Xie et al. (2025) di Tiongkok, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor perilaku dan kepatuhan petugas menjadi tantangan universal dalam implementasi proteksi radiasi. Penelitian tersebut menekankan pentingnya audit internal rutin dan pelatihan berkala sebagai upaya meningkatkan kepatuhan.

Dalam konteks lokal, hasil ini juga mendukung temuan Syahda et al. (2021) yang menyebutkan bahwa lemahnya pengawasan internal dan kurangnya evaluasi berkala menjadi penyebab rendahnya kedisiplinan penggunaan APD.

Keterbaruan lain dari penelitian ini adalah pengungkapan ketidakteraturan penggunaan TLD di ruang CT Scan rumah sakit rujukan tipe B, yang sebelumnya jarang dilaporkan secara mendetail dalam literatur nasional. Hal ini menjadi catatan penting bagi rumah sakit sejenis, bahwa meskipun standar fasilitas sudah

memadai, aspek implementasi teknis di lapangan masih perlu diperbaiki (Kristinawati 2021). Lebih jauh, penelitian ini menegaskan pentingnya sinergi antara kebijakan manajemen rumah sakit dan kesadaran individual petugas agar proteksi radiasi dapat terlaksana secara menyeluruh.

Tabel 2. Hasil Observasi Penerapan Prosedur Proteksi Radiasi di Ruang CT Scan RS Bhayangkara Makassar

No	Penerapan Proteksi Radiasi di Ruang CT Scan	Lembar Pengamatan	
		Ya	Tidak
1	Unit Radiologi memiliki petugas proteksi radiasi (PPR)	√	
2	Pada saat melakukan pemeriksaan petugas memakai TLD	√	
3	Pintu harus diperhatikan agar radiasi tidak tersebar dan tertutup ketika penyinaran	√	
4	Tanda peringatan bahaya radiasi di pasang pada pintu ruangan.	√	
5	Lampu ditempatkan di atas pintu masuk ruangan pemeriksaan dan saat penyinaran lampu harus dihidupkan	√	

Tabel 3. Hasil Pengamatan Fisik di Ruang CT Scan RS Bhayangkara Makassar

No	Ruang Pemeriksaan CT Scan	Lembar Pengamatan	
		Ya	Tidak
1	Ukuran : 6 (p) x 7m (l) x 3m (t)	√	
2	Bahan dinding : Bata dan Timbal	√	
3	Platfon : menggunakan platfon dengan jenis gypsum dan memiliki tinggi 2,8 m	√	

Hasil observasi sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2 menunjukkan bahwa unit radiologi di RS Bhayangkara Makassar telah memiliki petugas proteksi radiasi (PPR) yang secara struktural menjalankan fungsi pengawasan terhadap pelaksanaan proteksi radiasi. Hal ini sejalan dengan ketentuan BAPETEN No. 4 Tahun 2020, yang menetapkan bahwa setiap fasilitas radiologi harus memiliki personel yang kompeten dalam keselamatan radiasi untuk memastikan terpenuhinya aspek teknis dan prosedural.

Lebih lanjut, ditemukan bahwa petugas radiologi di rumah sakit tersebut telah menggunakan *Thermoluminescent Dosimeter* (TLD) saat melakukan pemeriksaan. Ini merupakan capaian penting dalam konteks keselamatan kerja, karena pemakaian TLD memungkinkan pemantauan dosis kumulatif radiasi yang diterima oleh setiap individu secara akurat (Tandionugroho et al., 2023; Nurhidayat, 2024).

Temuan ini membedakan RS Bhayangkara Makassar dari beberapa rumah sakit lain, seperti yang dilaporkan oleh Harwin et al. (2022) dan Dina Aulya et al. (2024) serta Fairusiyah et al. (2016) yang mengidentifikasi masih rendahnya kepatuhan terhadap pemakaian TLD di beberapa rumah sakit tipe B.

Meskipun demikian, masih terdapat kekurangan pada aspek kelengkapan alat pelindung diri (APD). Berdasarkan hasil observasi, hanya apron Pb yang tersedia dan digunakan, sedangkan pelindung tiroid, pelindung gonad, kacamata Pb, dan sarung tangan Pb tidak tersedia. Studi dari Fenelia, N., & Herbawani, C. K. (2022) menjelaskan bahwa salah satu faktor yang menyebabkan proteksi radiasi kurang optimal adalah ketidaklengkapan APD yang disediakan. Selain itu, rendahnya pengetahuan pekerja serta kelayakan dan kenyamanan APD yang digunakan juga menjadi penyebab lainnya.

Ketidakhadiran alat pelindung tambahan ini merupakan kelemahan signifikan, terutama karena beberapa organ seperti kelenjar tiroid dan gonad termasuk kategori radiosensitif. Padahal kelengkapan APD akan melindungi dan mengurangi dampak bahaya kesehatan pada radiografer serta perawat saat melaksanakan pada pemeriksaan radiologis dari efek non stokastik dan juga stokastik (Mustofa et.al., 2024). Studi Hasan et al. (2023) juga menekankan pentingnya perlindungan menyeluruh terhadap area tubuh yang rentan, khususnya saat frekuensi paparan tinggi seperti pada pemeriksaan CT Scan. Sehingga tersedia dan ketidaktersedianya APD tentu akan berdampak pada pemaksimalan proteksi radiasi di ruang CT Scan.

Hasil observasi di ruang CT Scan RS Bhayangkara Makassar berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa aspek desain fisik ruang pemeriksaan sebagian besar telah sesuai dengan regulasi nasional. Dimensi ruangan 6×7×3 meter dengan dinding bata bertimbal menunjukkan kepatuhan terhadap ketentuan BAPETEN No. 4

Tahun 2020, yang mengharuskan struktur bangunan mampu menahan penyebaran radiasi ke lingkungan sekitarnya. Efektivitas bahan dalam menahan laju paparan radiasi diperkuat oleh temuan Sahfira et al., (2024) bahwa perisai radiasi dari bahan beton yang dilapisi timah hitam memiliki efektivitas yang bagus. Keselarasan ini juga diperkuat dengan penggunaan plafon gypsum setinggi 2,8 meter, yang secara teknis mendukung sirkulasi udara dan pengurangan kontaminasi partikulat, meskipun tidak secara langsung menjadi syarat struktural dalam proteksi radiasi. Selain itu, RS Bhayangkara Kota Makassar juga telah melengkapi ruang CT Scan dengan berbagai elemen penunjang proteksi radiasi seperti tersedianya pemasangan lampu tanda baha radiasi, tanda peringatan bahaya radiasi yang jelas terlihat, serta penggunaan pintu ruangan yang sesuai dengan regulasi keselamatan radiasi. Keberadaan fasilitas-fasilitas tersebut menjadi nilai tambah dalam mendukung upaya proteksi radiasi sebagaimana hasil temuan yang sama dalam penelitian lainnya (Monita, 2021). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa meskipun desain struktural ruangan, kehadiran PPR, dan penggunaan TLD telah sesuai regulasi, keberhasilan proteksi radiasi masih terhambat oleh keterbatasan fasilitas APD.

Oleh karena itu, rumah sakit perlu melakukan pengadaan alat pelindung tambahan dan memperkuat sistem pelatihan internal secara berkala. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh elemen proteksi—baik dari sisi administratif, teknis, maupun perilaku terimplementasi secara terpadu dan berkesinambungan, sebagaimana direkomendasikan oleh IAEA (2019) dan berbagai studi internasional lainnya.



Gambar 1. Lampu Tanda Bahaya Radiasi (1), Tanda Peringatan Bahaya Radiasi Dipasang pada Pintu Ruang (2), dan Apron Pb (3)



Gambar 2. Ruang CT Scan RS Bhayangkara Makassar (1) dan Ruang Kontrol CT Scan RS Bhayangkara Makassar (2)

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan proteksi radiasi di ruangan CT Scan Rumah Sakit Bhayangkara Kota Makassar telah memenuhi sebagian standar yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) No. 4 Tahun 2020, khususnya pada aspek desain struktural ruangan, keberadaan petugas proteksi radiasi (PPR) dan penggunaan *Thermoluminescent Dosimeter* (TLD) oleh sebagian petugas. Namun masih ada beberapa hal yang perlu diperbaiki dan ditingkatkan, khususnya yang terkait Alat Pelindung Diri (APD), dimana hanya apron yang tersedia sedangkan pelindung gonad, pelindung tiroid, kacamata Pb dan sarung tangan Pb tidak tersedia di ruangan CT Scan. Oleh karena itu, diperlukan pengadaan APD yang lengkap, peningkatan pengawasan internal, serta pelatihan dan evaluasi berkala agar implementasi proteksi radiasi, khususnya di ruangan CT Scan dapat terlaksana secara optimal dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Almalki, A. H., Almalki, M. A., Alballa, R. S., Alshaygy, I. S., & Alrabai, H. M. (2021). The compliance with radiation protection and knowledge about radiation exposure among the orthopedic operating room personnel in Saudi Arabia. *Journal of Musculoskeletal Surgery and Research*, 5(3), 178–186. https://doi.org/10.25259/JMSR_48_2021
- Aulya, A. D., Wati, R., & Za'im, M. (2024, October). Kepatuhan petugas radiasi terhadap penggunaan thermoluminescence

- dosimeter (TLD) di instalasi radiologi diagnostik RS TK III dr. Soetarto. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta* (Vol. 2, pp. 310–315).
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2020, 20 Oktober). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 1218; ditetapkan di Jakarta, 22 September 2020.
- Fairusiyyah, N., Widjasena, B., & Ekawati, E. (2016). Analisis Implementasi Manajemen Keselamatan Radiasi Sinar-X Di Unit Kerja Radiologi Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang Tahun 2016. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(3), 514-527.
- Fenelia, N., & Herbawani, C. K. (2022). Faktor yang berhubungan dengan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri pada pekerja konstruksi: Kajian literatur. *PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), 221–230.
- Harwin, C. W., Milvita, D., Nuraeni, N., & Manzil, E. (2023). Evaluasi proteksi radiasi di ruang CT-Scan instalasi radiologi Rumah Sakit Otak (RSO) DR. Drs. M. Hatta Bukittinggi. *Jurnal Fisika Unand*, 12(1), 77–81. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.77-81.2023>
- ICRP. (2018). *Occupational radiological protection in interventional procedures*. ICRP Publication 139. *Ann. ICRP*, 47(2), 1–118.
- Julianti, P. R. (2023). Pemetaan Paparan Radiasi Ruang CT-Scan dan Radiografi Umum Rumah Sakit Universitas Tanjungpura Pontianak. *Prisma Fisika*, 10(3), 382-386.
- Magfirah, M., Adrial, R., & Ulya, S. (2025). Evaluasi dosis radiasi hambur pemeriksaan CT-Scan thorax pada organ gonad dan tiroid. *Jurnal Fisika Unand*, 14(1), 82–88. <https://doi.org/10.25077/jfu.14.1.82-88.2025>
- Mindola, E., Fa'ik, M., ST, S., Utami, A. P., & KM, S. (2021). *Sistem manajemen keselamatan radiasi pada pekerja radiasi di instalasi radiologi* (Doctoral dissertation, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta).
- Monita, R. M. R. (2021). Analisis Penerapan Keselamatan Radiasi Sinar-X Pada Pekerja Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center (Pmc) Tahun 2020. *Media Kesmas (Public Health Media)*, 1(1), 26-39.
- Mustofa, A. A., Hadziqoh, N., & Lasiyah, N. (2024). Analisis Tingkat Keselamatan Peralatan Proteksi Radiasi Terhadap Radiographer Pada Rumah Sakit B Pekanbaru. *Biomedical and Environmental Health Technology*, 1(1), 41-47.
- Napitupulu, R., Amaliah, R. U., & Dewita, T. (2023). Analisis keselamatan radiasi berdasarkan Perka BAPETEN No. 04 Tahun 2020 di Instalasi Radiologi RSUD Kota Tanjungpinang Tahun 2022. *Jurnal Kesehatan Ibnu Sina (J-KIS)*, 4(2), 1–9.
- Noor, J. A., & Normahayu, I. (2014). Dosis radiasi dari tindakan CT-Scan kepala. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 1(2), 84–91.
- Nurhidayat, Gun Gun Wildan. "Hubungan Pengetahuan Dan Perilaku Radiografer Tentang Penggunaan Thermoluminescence Dosimeter (Tld) Di Rsud Tidar Kota Magelang." PhD diss., Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto Yogyakarta, 2024.
- Nurjannah, B., Endarwati, W. O. K., Khalfia, K., Tosepu, R., Effendy, D. S., & Susanty, S. (2023). Identifikasi Potensi Bahaya Dengan Menggunakan Metode Job Safety Analysis (Jsa) Di Ruang Radiologi Rumah Sakit Bhayangkara Kendari 2023. *Jurnal Kesehatan dan Keselamatan Kerja Universitas Halu Oleo*, 4(2).
- Purnamasari, D., Annisa, A., Angella, S., & Susmita, R. (2023). Penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di ruangan CT-Scan instalasi radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau. *Warta Dharmawangsa*, 17(1), 444–451.
- Sahfira, M. P., Milvita, D., & Hiswara, E. (2024). Pengujian Efektivitas Perisai Radiasi dan Evaluasi Penerapan Proteksi Radiasi di Instalasi Radiologi RSUD Prof. Dr. MA Hanafiah SM Batusangkar. *Jurnal Fisika Unand*, 13(2), 190-196.

- Sukaryono, A. G., Rubiyanto, H., & Ramadhani, A. (2024). Evaluasi kebocoran radiasi selama radiografi lumbal: Implikasi terhadap protokol keselamatan di fasilitas kesehatan. *Journal of Nursing and Health Science*, 3(3), 101–108. Retrieved from <https://e-journalstikes-pertamedika.ac.id/jnhs/article/view/162>
- Syahda, A. S., Milvita, D., & Prasetyo, H. (2020). Evaluasi penerapan proteksi radiasi pada pekerja radiasi di instalasi radiologi RS Naili DBS, RS Selaguri, dan RS UNAND. *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), 517–523. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.4.517-523.2020>
- Tandionugroho, S. (2023). Analisis Sistem Manajemen Keselamatan Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Khusus Paru Medan. *Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 2(3), 140-144.
- Wanara, N., Hamdi, M., & Sinuraya, S. (2020). Estimasi nilai dosis radiasi efektif pasien dari citra medis CT Scan Asteion Multi 32 Slice bagian abdomen. *Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)*, 17(2), 80–86.
- World Health Organization. (2015). *Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. General safety requirements. Pt. 3* (Russian Edition).
- Xie, Y., Wang, X., Lan, Y., Xu, X., Shi, S., Yang, Z., ... & Liu, Y. (2025). Assessment of radiation knowledge among medical personnel in nuclear emergency preparedness: A cross-sectional study. *Frontiers in Public Health*, 13, 1547818.
- Yani, I., Pratiwi, A. D., & Yunawati, I. (2021). Studi deskriptif proteksi radiasi dan penerapannya di instalasi radiologi rumah sakit. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 5(3).