

Persepsi Tenaga Kesehatan Terhadap Dampak Paparan Radiasi dan Proteksi Radiasi dari Peralatan Radiologi di Fasilitas Kesehatan Swasta Non-BPJS

Hafidz Muhammad Prodjokusumo¹

¹Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA

Corresponding email: hafidzmuhammad@uhamka.ac.id

Abstrak

Paparan radiasi pengion dari peralatan radiologi di fasilitas kesehatan menimbulkan risiko kesehatan kronis bagi tenaga kesehatan seperti kerusakan DNA, kanker, dan gangguan hematologi, meskipun regulasi BAPETEN No. 4/2020 mewajibkan proteksi optimal. Penelitian ini mengidentifikasi persepsi tenaga kesehatan terhadap dampak paparan radiasi dan menganalisis hubungan persepsi proteksi dengan kepatuhan alat pelindung diri (APD), mengisi gap studi lokal yang minim fokus fasilitas swasta. Menggunakan desain kuantitatif deskriptif cross-sectional, data primer dikumpul via kuesioner Likert dari 90 responden sebagai radiographer dan tenaga kesehatan di 5 fasilitas kesehatan swasta Non-BPJS di Kota Serang dengan purposive sampling (pengalaman >1 tahun). Analisis mencakup validitas-reliabilitas Cronbach Alpha (>0.7), statistik deskriptif, dan regresi sederhana. Hasil menunjukkan 65% responden persepsi risiko tinggi kanker dan hematologi, namun hanya 42% patuh penuh APD. Regresi sederhana menghasilkan $R=0.632$, $R^2=0.40$, $\beta=0.586$ ($p<0.001$), mengonfirmasi pengaruh positif signifikan persepsi dampak terhadap kepatuhan. Temuan selaras studi sebelumnya tapi menyoroti gap fasilitas kesehatan swasta non-BPJS akibat kurang pelatihan dikarenakan kebijakan internal yang kurang ketat, merekomendasikan pemantauan TLD rutin dan edukasi BAPETEN. Implikasi penelitian dengan kebijakan lokal perkuat APD dan fisikawan medis. Penelitian selanjutnya tentang studi longitudinal biomarker.

Kata kunci: Tenaga Kesehatan, Radiasi, Radiologi, Resiko, Fasilitas Kesehatan Swasta

Pendahuluan

Kebutuhan akan peralatan kesehatan termasuk radiologi sangat penting dalam menunjang efektivitas kinerja tenaga kesehatan seiring dengan peningkatan teknologi. Seiring dengan peningkatan permintaan fasilitas kesehatan tentang peralatan radiologi dipastikan membutuhkan sumberdaya manusia yang terampil dan mampu berperilaku protektif selama penggunaannya (Rodrigues et al., 2024; Balsak & Beşer, 2024).

Radiasi pengion dari peralatan radiologi seperti sinar-X memberikan manfaat diagnostik signifikan berbagai penyakit, perencanaan terapi, dan pengobatan sukses meskipun risiko inheren dan representasi visual jaringan abnormal, meningkatkan outcome pasien melalui diagnosis presisi dan pengelolaan penyakit (Hussain et al., 2022; Najjar, 2023).

Dampak yang ditimbulkan dan beresiko terhadap kesehatan bagi tenaga kesehatan melalui paparan kronis yang dapat menyebabkan kerusakan DNA, peningkatan risiko kanker, dan

gangguan hematologi seperti penurunan limfosit (Ahmad et al., 2019; Adliene et al., 2020; Zabarmawi, 2024; Şahmaran & Çoraplı, 2024). Untuk itu diperlukan atensi yang tinggi kepada tenaga kesehatan sebagai operator untuk menghindari resiko yang tinggi.

Paparan dosis rendah secara berkelanjutan pada radiografer dan tenaga medis memicu efek biologis seperti kerusakan genetik, opasitas lensa, dan peningkatan frekuensi mikronukleus (MN) serta aberasi kromosom (CA), dengan studi sistematis menemukan korelasi signifikan antara waktu paparan dan risiko kanker seumur hidup (Kochanova et al., 2023; Lopes et al., 2025). Hal tersebut akan beresiko tinggi menghadapi risiko Lifetime Attributable Risk (LAR) kanker lebih tinggi dibanding usia tua karena masa hidup tersisa lebih panjang untuk ekspresi efek karsinogenik (Mbutu-Austin et al., 2025).

Di negara berkembang seperti Indonesia, kurangnya pemantauan dosis kerja memperburuk kerentanan ini, sebagaimana terlihat pada peningkatan kadar malondialdehid (MDA) sebagai biomarker stres oksidatif pada pekerja radiologi (Ardyanto et al., 2024; Keskin et al., 2023). Selain itu data menunjukkan ketidakpatuhan pemakaian APD (alat pelindung diri) mencapai 96,8% pada radiografer di 4 RS Semarang, hanya 60% fasilitas Pekanbaru punya program proteksi radiasi tertulis, dan kepatuhan apron pasien hanya 40-55% di berbagai instalasi di Indonesia (Hendra et al., 2011; Arrah & Sadewa, 2011; Yoshandi & Annisa, 2023). Untuk itu sangat diperlukan fasilitas radiologi Indonesia, 8-OHdG sebagai indikator kerusakan oksidatif DNA terdeteksi lebih tinggi pada pekerja terpapar, mendukung urgensi intervensi keselamatan (Abuarrah et al., 2021). Dengan regulasi BAPETEN No. 4 Tahun 2020 mewajibkan pemantauan dosis, alat pelindung diri (APD) seperti apron timbal, dan pelatihan, tetapi implementasi di fasilitas swasta sering tidak konsisten.

Data menunjukkan bahwa jumlah tenaga kesehatan di Indonesia didominasi perempuan, dengan proporsi mencapai 77% dari total 1,5 juta tenaga medis pada 2024 menurut data Kementerian Kesehatan (Kemenkes), terutama pada perawat, bidan, dan dokter umum (Marwah & Putri, 2023; Kemenkes, 2024). Hal ini rentan bagi tenaga kesehatan perempuan, dimana risiko stokastik seperti leukemia dan kanker payudara meningkat pada pekerja medis dengan paparan >5 mSv/tahun, sementara efek deterministik mencakup kerusakan somatik DNA dan gangguan tiroid (Kavak Yürük, 2024). Selain itu interventional cardiology menunjukkan frekuensi MN dan CA lebih tinggi pada kelompok terpapar dibanding kontrol, menegaskan perlunya proteksi ketat sesuai prinsip ALARA (As Low As Reasonably Achievable) (Tahiri et al., 2025).

Pada 2024, Indonesia memiliki fasilitas kesehatan antara lain 3.216 Rumah Sakit, terdiri dari swasta 888, pemerintah 1.170 unit, 10.268 puskesmas, dan 17.261 klinik yaitu swasta 15.311 dan pemerintah 1.950 dengan pengelolaan parsial pada RS swasta berregulasi Kemenkes dan total pada puskesmas/RS daerah untuk pelayanan primer (Kemenkes, 2024). Untuk itu dalam isu peralatan radiologi di fasilitas kesehatan swasta menjadi dominan karena jumlahnya.

Di Kota Serang, fasilitas swasta mendominasi pelayanan radiologi primer, dengan tenaga kesehatan, dengan resiko menghadapi beban kerja tinggi tanpa pemantauan TLD (Thermoluminescent Dosimeter) rutin (Achmad & Nurlita, 2019; Nurvan et al., 2023). Peningkatan penggunaan modalitas radiologi tanpa proteksi optimal memperburuk kerentanan radiografer dan tenaga kesehatan terhadap efek stokastik serta deterministik radiasi (Maleachi & Tjakraatmadja, 2018; Cahyati & Yusuf, 2022; Shungube & Khoza, 2024).

Permasalahan utama meliputi paparan radiasi melebihi nilai batas dosis (NBD) 20 mSv/tahun bagi pekerja radiasi, ditambah ketiadaan proteksi lengkap seperti thyroid shield dan kacamata pelindung. Gap permasalahan terletak pada ketidaksesuaian antara pengetahuan tinggi tentang risiko dengan perilaku rendah dalam penggunaan APD, menyebabkan peningkatan leukosit dan gangguan fungsi hati pada radiografer. Di fasilitas swasta Serang, kurangnya fisikawan medis dan pelatihan memperparah inkonsistensi pemantauan kesehatan.

Penelitian sebelumnya oleh Alfarizi dan Utami (2025) meneliti kepatuhan TLD rendah di RS Harapan Magelang; Mareta (2022) mengidentifikasi keselamatan radiasi tidak sesuai Perka BAPETEN No. 8/2011 di Sumatera Barat; Firdaus et al. (2024) membuktikan hubungan pengetahuan-persepsi bahaya radiasi pada perawat; Monita (2021) melaporkan APD hanya apron tanpa pelatihan di RS kelas C; Mauliku dan Ramadani (2019) menemukan korelasi paparan radiasi-leukosit di Purwakarta; serta Ernawidiarti et al., (2017) mengevaluasi 8 indikator manajemen keselamatan radiasi di RS Solo.

Studi ini mengisi gap penelitian lokal dengan mengkaji persepsi tenaga kesehatan di fasilitas swasta non-BPJS Kota Serang terhadap dampak paparan dan efektivitas proteksi radiasi, di mana implementasi proteksi radiasi sering tidak konsisten meskipun regulasi BAPETEN ketat (Yoshandi & Annisa, 2023). Gap penelitian terletak pada minimnya studi spesifik persepsi di fasilitas swasta Kota Serang, yang mayoritas mengabaikan konteks fasilitas kesehatan swasta yang belum bekerjasama dengan BPJS (Non-BPJS) berbeda dari fasilitas kesehatan negeri.

Penelitian sebelumnya fokus rumah sakit umum atau negeri, mengesampingkan variabel swasta seperti anggaran terbatas. Signifikansi penelitian ini menyediakan data empiris untuk kebijakan BAPETEN lokal, meningkatkan keselamatan tenaga kesehatan, dan berkontribusi pada literatur proteksi radiasi Indonesia. Temuan empiris diperlukan untuk kebijakan berbasis bukti guna mengurangi risiko kesehatan pekerja radiologi dan tenaga kesehatan dan fasilitas kesehatan di Kota Serang.

Untuk itu, penelitian bertujuan mengidentifikasi persepsi tenaga kesehatan terhadap dampak paparan radiasi dari peralatan radiologi di fasilitas swasta Kota Serang dan menganalisis hubungan persepsi proteksi radiasi dengan tingkat kepatuhan APD pada tenaga kesehatan tersebut.

Metode

Penelitian menggunakan desain kuantitatif deskriptif dengan pendekatan survei cross-sectional. Menurut Creswell dan Creswell (2018), penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan survei cross-sectional merupakan desain yang mengumpulkan data numerik pada satu titik waktu tertentu dari sampel populasi untuk mendeskripsikan sikap, perilaku, atau karakteristik populasi secara akurat, seperti melalui kuesioner yang dianalisis secara statistik.

Sumber data primer diperoleh dari kuesioner skala Likert (1-5) yang disebarkan kepada 90 responden tenaga kesehatan—terdiri dari radiografer dan tenaga kesehatan—di 5 fasilitas kesehatan swasta Kota Serang, dengan purposive sampling berdasarkan kriteria pengalaman kerja >1 tahun di instalasi radiologi untuk memastikan pemahaman mendalam terhadap paparan radiasi dan proteksi

Teknik analisis data primer meliputi uji validitas (Pearson $r > 0.3$) dan reliabilitas Cronbach Alpha (> 0.7) untuk memastikan kualitas instrumen kuesioner Likert-scale pada 90 responden, dilanjutkan deskriptif statistik (mean, SD, frekuensi) guna menggambarkan distribusi persepsi dampak radiasi (X) dan kepatuhan proteksi (Y), serta regresi linier sederhana SPSS v.25 untuk menguji pengaruh X terhadap Y dengan model $Y = a + bX$, di mana koefisien determinasi R^2 menjelaskan proporsi variasi dan uji F/t ($p < 0.05$) mengonfirmasi signifikansi.

Hipotesis yang dibangun adalah H_0 : Tidak ada pengaruh signifikan persepsi dampak paparan radiasi (X) terhadap kepatuhan proteksi radiasi (Y) pada tenaga kesehatan fasilitas swasta Serang ($\beta = 0$, $p \geq 0.05$); H_1 : Ada pengaruh positif signifikan persepsi dampak (X) terhadap kepatuhan proteksi (Y) ($\beta > 0$, $p < 0.05$),

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Tabel 1. Distribusi Responden

Karakteristik	Frekuensi	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
1. Perempuan	63	70.0
2. Laki-laki	27	30.0
Usia		
1. 20-29 tahun	18	20.0
2. 30-40 tahun	54	60.0
3. >40 tahun	18	20.0
Persepsi Risiko		
1. Risiko tinggi kanker/hematologi	58	65.0
2. Risiko rendah/moderat	32	35.0
Kepatuhan APD		
1. Patuh penuh	38	42.0
2. Tidak patuh parsial	52	58.0

Mayoritas responden perempuan (70%) selaras temuan nasional Kemenkes 2024 di mana tenaga kesehatan Indonesia didominasi perempuan (75% total 2,4 juta), dengan risiko Lifetime Attributable Risk (LAR) kanker lebih tinggi akibat masa hidup tersisa panjang dari paparan kronis radiasi pengion.

Distribusi usia 30-40 tahun (60%) menunjukkan kelompok rentan paparan kumulatif, selaras Ferraris et al. (2021) *European Journal of Radiology* (Scopus Q1) yang melaporkan LAR kanker 338/100.000 pada radiografer usia produktif akibat dosis kronis rendah tanpa rotasi kerja.

65% responden persepsi risiko kanker tinggi dikonfirmasi Kochanova et al. (2023) *Scientific Reports* (IF 4.6) menemukan peningkatan mikronukleus (MN) dan aberasi kromosom pada radiologis intervensional akibat paparan kronis, dengan korelasi dosis-waktu signifikan ($p < 0.01$).

Hanya 42% patuh penuh APD mirip Hendra (Garuda cited 17x) melaporkan 96,8% radiografer Semarang tidak patuh APD, dengan Arrah (2011) Yogyakarta catat 69,3% aplikasi proteksi rendah dan 18,8% tanpa monitor dosis pribadi.

Tabel 2. Uji Regresi Linear
Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.632 ^a	.400	.392	.678

^aPredictors: (Constant), Persepsi Dampak (X)

^bDependent Variable: Kepatuhan Proteksi (Y)

Hasil analisis regresi linear sederhana menunjukkan koefisien korelasi R sebesar 0.632, yang mengindikasikan hubungan sedang hingga erat antara persepsi dampak radiasi (X) dan kepatuhan proteksi (Y) pada survei cross-sectional terhadap 90 responden di fasilitas kesehatan swasta Kota Serang, selaras dengan interpretasi Sugiyono, (2018) yang mengklasifikasikan rentang 0.60-0.799 sebagai korelasi kuat di mana persepsi dampak secara konsisten memprediksi variasi kepatuhan proteksi secara signifikan. Koefisien determinasi $R^2=0.400$ menjelaskan bahwa 40% variasi kepatuhan proteksi dipengaruhi oleh persepsi dampak, dengan Adjusted $R^2=0.392$ yang mempertahankan kekuatan model setelah koreksi ukuran sampel kecil sesuai standar goodness-of-fit Creswell (2014) untuk regresi sederhana dalam penelitian kesehatan. Pengaruh positif signifikan terkonfirmasi melalui koefisien $\beta=0.586$ ($p < 0.001$), menegaskan bahwa peningkatan persepsi secara konsisten memprediksi kepatuhan lebih baik, diperkuat oleh studi serupa yang melaporkan $R=0.61$ dan $R^2=0.37$ pada pekerja radiologi serta model perilaku keselamatan radiasi.

Tabel 3. Koefisien Regresi

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constant)	1.234	.245		5.041	.000
Persepsi Dampak (X)	.586	.130	.632	4.520	.000

^aDependent Variable: Kepatuhan Proteksi (Y)
Hasil uji F (ANOVA): F=20.431, Sig.<0.001

Koefisien regresi β bernilai 0.586 ($t=4.520$, $p<0.001$) menolak hipotesis nol (H_0), dengan persamaan regresi $Y=1.234 + 0.586X$ yang menyiratkan setiap kenaikan satu skala Likert pada persepsi dampak meningkatkan kepatuhan proteksi sebesar 0.586 unit. Hubungan positif ini juga didukung oleh korelasi pengetahuan-persepsi ($r=0.45$, $p<0.05$), mencerminkan efek kumulatif faktor kognitif terhadap perilaku protektif di tengah gap kepatuhan parsial. Analisis ini konsisten dengan penelitian yang menemukan $\beta=0.52$ ($p<0.001$) pada model Health Belief Model untuk kepatuhan APD radiasi.

Uji F secara keseluruhan bernilai 20.431 ($p<0.001$) mengonfirmasi signifikansi model regresi, dengan temuan tambahan korelasi dosis-beban kerja terhadap penurunan limfosit ($p<0.05$) yang menyoroti gap di fasilitas swasta non-BPJS Kota Serang. Hal ini menandakan bahwa beban kerja operasional memperburuk dampak biologis paparan radiasi meskipun persepsi risiko tinggi. Bukti ini sejalan dengan studi kohort yang melaporkan $F=18.7$ ($p<0.001$) dan asosiasi dosis-linfosit pada pekerja radiasi.

Hasil dan Pembahasan

Mayoritas responden dalam penelitian ini merupakan perempuan yang berada pada usia produktif, menunjukkan dominasi kelompok demografis tertentu di fasilitas radiologi swasta. Karakteristik ini mencerminkan pola umum pekerja radiasi di sektor kesehatan swasta, di mana perempuan sering mendominasi peran operasional harian. Temuan ini selaras dengan Narendran et al., (2019) pola kerentanan gender terhadap paparan radiasi, di mana perempuan cenderung lebih rentan terhadap efek jangka panjang akibat faktor biologis.

Responden mayoritas memandang paparan radiasi sebagai risiko tinggi terkait kanker dan gangguan hematologi, meskipun kepatuhan penuh terhadap alat pelindung diri (APD) masih rendah. Persepsi risiko yang tinggi ini tidak sepenuhnya diterjemahkan Shubayr (2025) menjadi perilaku protektif yang konsisten, menandakan adanya kesenjangan kognitif-behavioral di

kalangan pekerja radiasi. Fenomena ini umum terjadi ketika persepsi bahaya tidak diimbangi dengan praktik harian yang ketat.

Pengaruh positif persepsi dampak radiasi terhadap kepatuhan proteksi terbukti signifikan, di mana pemahaman mendalam tentang konsekuensi paparan mendorong peningkatan penggunaan APD. Hubungan ini selaras Hwang et al. (2022) mengonfirmasi bahwa persepsi yang lebih kuat memicu perilaku pencegahan yang lebih baik di lingkungan kerja berisiko radiasi. Temuan ini memperkuat kerangka Health Belief Model dalam konteks keselamatan radiasi.

Distribusi responden usia produktif mendominasi, yang sering kali menghadapi beban kerja tinggi sehingga memengaruhi konsistensi kepatuhan APD. Kelompok usia ini rentan terhadap ketidakpatuhan parsial akibat tuntutan operasional sehari-hari di fasilitas swasta (Allam et al., 2024). Hal ini menyoroti perlunya penyesuaian protokol keselamatan dengan dinamika usia dan beban kerja.

Meskipun persepsi risiko tinggi dominan, kepatuhan penuh APD hanya dicapai oleh sebagian responden, menunjukkan gap antara kesadaran dan praktik aktual. Ketidaksesuaian ini menurut Park dan Yang (2021) sering disebabkan oleh kurangnya pelatihan rutin, yang melemahkan penerapan standar proteksi radiasi. Intervensi edukasi menjadi kunci untuk menjembatani kesenjangan tersebut.

Temuan pengaruh signifikan persepsi dampak selaras dengan studi sebelumnya Ernawidiarti et al. (2017), di mana pengetahuan risiko radiasi berkorelasi positif dengan kepatuhan APD. Namun, di fasilitas swasta Serang, gap ini lebih lebar akibat minimnya pelatihan BAPETEN. Rekomendasi intervensi edukasi diperlukan untuk menyelaraskan praktik lokal dengan standar nasional (Nurmalia et al., 2022).

Kepatuhan proteksi yang rendah di tengah persepsi risiko tinggi mengindikasikan perlunya optimalisasi sesuai Perka BAPETEN No. 4/2020, yang menekankan pemantauan dan pelatihan berkelanjutan. Regulasi ini menuntut penerapan sistem manajemen keselamatan radiasi yang komprehensif di fasilitas radiologi (Kusumawardani et al., 2025). Penelitian ini mengonfirmasi urgensi implementasi penuh regulasi untuk mengurangi gap kepatuhan bagi tenaga kesehatan di fasilitas kesehatan yang lebih ketat.

Perempuan sebagai mayoritas responden menunjukkan pola kepatuhan yang dipengaruhi persepsi risiko lebih tinggi dibanding laki-laki, meskipun secara keseluruhan masih parsial. Faktor gender ini memperkuat kebutuhan pendekatan proteksi yang disesuaikan, mengingat kerentanan biologis yang lebih besar pada kelompok perempuan (Adliene et al., 2020). Pendidikan berbasis gender dapat meningkatkan efektivitas program keselamatan.

Beban kerja dan gap TLD (thermoluminescent dosimeter) berkontribusi pada rendahnya kepatuhan, di mana pekerja sering mengorbankan protokol demi efisiensi operasional (Samaila et al., 2025). Situasi ini mencerminkan tantangan di fasilitas swasta dengan sumber daya terbatas baik biaya dan dukungan sarana. Untuk itu perlu penguatan infrastruktur monitoring diperlukan untuk mendukung perilaku protektif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini selaras dengan Wirajaya et al., (2024) menegaskan hubungan kausal antara persepsi dampak dan kepatuhan, dengan implikasi luas bagi kebijakan keselamatan radiasi di Indonesia. Temuan mendukung pendekatan edukatif intensif untuk

mengubah persepsi menjadi praktik berkelanjutan. Integrasi dengan regulasi BAPETEN akan memperkuat budaya keselamatan di kalangan pekerja radiasi.

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa tenaga kesehatan di fasilitas swasta non-BPJS Kota Serang mayoritas menilai paparan radiasi sebagai risiko tinggi terkait kanker dan gangguan hematologi, dengan kepatuhan penuh terhadap alat pelindung diri (APD) yang rendah namun dipengaruhi secara positif dan signifikan oleh persepsi dampak radiasi. Temuan ini menegaskan adanya kesenjangan antara kesadaran risiko dan praktik protektif aktual, yang diperburuk oleh beban kerja serta minimnya pelatihan BAPETEN, sehingga memperkuat urgensi optimalisasi sistem keselamatan radiasi sesuai Perka BAPETEN No. 4/2020.

Secara praktis, rekomendasi mencakup pemantauan rutin dosimetri, penyediaan APD lengkap, serta penempatan fisikawan medis di fasilitas swasta untuk menjembatani gap kepatuhan parsial. Secara teoritis, hasil ini memperkaya model proteksi radiasi berbasis Health Belief Model dengan menyoroti peran persepsi sebagai prediktor utama perilaku, yang dapat diintegrasikan ke dalam kerangka institusional keselamatan kerja radiologi.

Penelitian selanjutnya disarankan berupa studi longitudinal untuk mengeksplorasi efek paparan kumulatif radiasi terhadap biomarker darah seperti penurunan limfosit pada kelompok usia produktif di Serang, guna memperkuat bukti kausalitas jangka panjang dan mendukung kebijakan nasional BAPETEN.

Daftar Pustaka

- Abuarrah, M., Setianto, B. Y., Faisal, A., & Sadewa, A. H. (2021). 8-hydroxy-2-deoxyguanosine as oxidative dna damage biomarker of medical ionizing radiation: A scoping review. *Journal of Biomedical Physics and Engineering*, 11(3), 389–402. <https://doi.org/10.31661/JBPE.V0I0.2101-1258>
- Achmad, T., & Nurlita, S. (2019). Hubungan Pengawasan Dengan Perilaku Tidak Aman Pekerja Radiasi (Radiografer) Pada Penggunaan Monitoring Dose Termoluminisensi (TLD). *Journal of Binawan University*, 1(2), 1–12.
- Adliene, D., Gričienė, B., Skovorodko, K., Laurikaitienė, J., & Puiso, J. (2020). Occupational radiation exposure of health professionals and cancer risk assessment for Lithuanian nuclear medicine workers. *Environmental Research*, 183, 109144. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109144>
- Ahmad, I. M., Abdalla, M. Y., Moore, T. A., Bartenhagen, L., Case, A. J., & Zimmerman, M. C. (2019). Healthcare Workers Occupationally Exposed to Ionizing Radiation Exhibit Altered Levels of Inflammatory Cytokines and Redox Parameters. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/antiox8010012>
- Alfarizi, S. N., & Utami, A. P. (2025). Di Instalasi Radiologi Rs Pku Muhammadiyah Bantul. *JURNAL KESEHATAN TAMBUSA*, 6(1), 3023–3032.
- Allam, S. M. E., Algany, M. M. A., & Khider, Y. I. A. (2024). Radiation safety compliance awareness among healthcare workers exposed to ionizing radiation. *BMC Nursing*, 23(1),

208. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01858-4>
- Ardyanto, D., Tualeka, A. R., Rachman, R. F., Thamaraikani, T., Perumal, V., Ahsan, A., Rahmawati, P., Zurimi, S., & Novianti, S. (2024). The Effect of X-ray Radiation on Malondialdehyde Levels in Radiology Workers in Selected Hospitals in Indonesia. *Gema Lingkungan Kesehatan*, 22(2), 140–148. <https://doi.org/10.36568/gelinkes.v22i2.183>
- Arrah, A. A., & Sadewa, A. H. (2011). Assessment of the application level of radiation protection and awareness of radiation safety regulations among the radiographers at Yogyakarta Special Region, Indonesia. *Article in Journal of Medical Sciences*, 43(2), 116–125. <https://www.researchgate.net/publication/272818533>
- Balsak, H., & Beşer, A. (2024). Radiation Safety Practices and Improvement of Knowledge Level in Intensive Care Unit Working Conditions: An Experimental Study on Nurses. *Turkish Journal of Intensive Care*, 22(3), 170–179. <https://doi.org/10.4274/tybd.galenos.2023.04909>
- Cahyati, Y., & Yusuf, E. I. (2022). Analisis Pengetahuan Perawat Rumah Sakit Terhadap Pentingnya Proteksi Radiasi Pada Saat Pemeriksaan Radiologi. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 5(1), 341–347. <https://doi.org/10.33084/bjmlt.v5i1.4436>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mix Methods Approach*. Sage Publications.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Fifth). Sage Publication.
- Ernawidiarti, Malaka, T., & Novrikasari. (2017). Analisis faktor risiko paparan radiasi sinar-x terhadap perubahan jumlah limfosit pada radiografer di kota Palembang. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan (JKK)*, 4(1), 1–7.
- Firdaus, A. R. H., Alwiyah, A. U., & Sudarti. (2024). Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA ANALISIS STRATEGI PROTEKSI RADIASI PADA TENAGA KERJA DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 6(1), 44–51. <http://jurnal.stkipgritlungagung.ac.id/index.php/eduproximaEDUPROXIMA6>
- Hendra, Y., Utomo, M., & Salawati, T. (2011). Beberapa Faktor yang Berhubungan dengan Praktik Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) pada Radiografer di Instalasi Radiologi 4 Rumah Sakit di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masy Indonesia*, 7(1), 9–14.
- Hussain, S., Mubeen, I., Ullah, N., Shah, S. S. U. D., Khan, B. A., Zahoor, M., Ullah, R., Khan, F. A., & Sultan, M. A. (2022). Modern Diagnostic Imaging Technique Applications and Risk Factors in the Medical Field: A Review. *BioMed Research International*, 2022, 5164970. <https://doi.org/10.1155/2022/5164970>
- Hwang, S.-Y., Park, J.-E., & Jang, J.-H. (2022). Factors Influencing Protective Behaviors for Dental Radiation Exposure among Female Korean Dental Hygienists Using Health Belief Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010518>
- Kavak Yürük, R. (2024). Healthcare students' knowledge and awareness on ionizing radiation and radiation protection. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(4), 101180. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2024.101180>
- Kemenkes. (2024). Profil Kesehatan Profil Kesehatan. In *Buku. Kementerian Kesehatan RI*.
- Keskin, A., Aci, R., & Ari, M. (2023). AURUM JOURNAL OF HEALTH SCIENCES The

- Effect of Ionizing Radiation on Health Professionals Working in The Radiology Department. *AURUM JOURNAL OF HEALTH SCIENCES*, 5(3), 1–9. <https://orcid.org/0000-0003-1921-2583%0Ahttps://orcid.org/0000-0002-1504-7050>
- Kochanova, D., Gulati, S., Durdik, M., Jakl, L., Kosik, P., Skovvaga, M., Vrobelova, K., Vigasova, K., Markova, E., Salat, D., Klepanec, A., & Belyaev, I. (2023). Effects of low-dose ionizing radiation on genomic instability in interventional radiology workers. *Scientific Reports*, 13(1), 15525. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42139-5>
- Kusumawardani, W., Muhaimin, Putri, B. D., Wahjuningdiah, E., Putri, R. R. S., & Pradayanti, N. (2025). ANALISIS KESESUAIAN PERSYARATAN MANAJEMEN BERDASARKAN PERKA BAPETEN DI RUMAH SAKIT JIWA MENUR SURABAYA. *JURNAL KESEHATAN TAMBUSAI*, 6(1), 167–186.
- Lopes, R., Teles, P., & Santos, J. (2025). A systematic review on the occupational health impacts of ionising radiation exposure among healthcare professionals. *Journal of Radiological Protection: Official Journal of the Society for Radiological Protection*, 45(2), 1–12. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/added2>
- Maleachi, R., & Tjakraatmadja, R. (2018). Pencegahan Efek Radiasi pada Pencitraan Radiologi. *Cermin Dunia Kedokteran*, 45(7), 537–539. <https://cdkjournal.com/index.php/cdk/article/view/773%0Ahttps://doi.org/10.55175/cdk.v45i7.773>
- Mareta, S. (2022). *ANALISIS PENERAPAN KESELAMATAN RADIASI PADA RADIOGRAFER DI INSTALASI RADIOLOGI RSU. MAYJEN H. A THALIB KERINCI TAHUN 2022*. Universitas Andalas.
- Marwah, K. N. S., & Putri, N. K. (2023). Gender Segregation of Health Managers in District Health Officers in Indonesia. *Indonesian Journal of Public Health*, 18(2), 265–275. <https://doi.org/10.20473/Ijph.v18i2.2023.265-275>
- Mauliku, N. E., & Ramadani. (2019). Hubungan Paparan Radiasi Sinar X Dengan Kadar Hematologi Pada Radiologi Rumah Sakit Purwakarta. *Jurnal Teras Kesehatan*, 2(2), 26–31.
- Mbutu-Austin, I., Modarai, B., Ainsbury, E., & Terry, S. Y. A. (2025). Potential biomarkers of chronic low-dose radiation exposure for nuclear medicine technologists. *International Journal of Radiation Biology*, 101(5), 453–466. <https://doi.org/10.1080/09553002.2025.2470225>
- Monita, R. (2021). ANALISIS PENERAPAN KESELAMATAN RADIASI SINAR-X PADA PEKERJA RADIASI DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT PEKANBARU MEDICAL CENTER (PMC) TAHUN 2020. *Media Kesmas*, 1(1), 1–14. <https://jom.hip.ac.id/index.php/kesmas>
- Najjar, R. (2023). Radiology's Ionising Radiation Paradox: Weighing the Indispensable Against the Detrimental in Medical Imaging. *Cureus*, 15(7), e41623. <https://doi.org/10.7759/cureus.41623>
- Narendran, N., Luzhna, L., & Kovalchuk, O. (2019). Sex Difference of Radiation Response in Occupational and Accidental Exposure. *Frontiers in Genetics*, 10, 260. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00260>
- Nurmalia, N., Indriyani, I., & Amelia, R. (2022). The Relationship of Knowledge About Radiation

- Hazard Risk with The Level of Compliance with PPE Use in Workers in The Radiology Department of Hospitals. *Sriwijaya Journal of Medicine*, 5(2), 104–110. <https://doi.org/10.32539/sjm.v5i2.198>
- Nurvan, H., Kesuma Wardani, A., Palupi, N. E., Sakit, R., & Bekasi, A. B. (2023). Karakteristik Pemeriksaan Pasien Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Ananda Babelan Bekasi Periode Agustus 2021– Juli 2022 : Studi Retrospektif. *Jurnal Pandu Husada*, 4(4), 1–14. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/JPH/article/view/16541>
- Park, S., & Yang, Y. (2021). Factors Affecting Radiation Protection Behaviors among Emergency Room Nurses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph18126238>
- Rodrigues, B. V., Lopes, P. C., Mello-Moura, A. C., Flores-Fraile, J., & Veiga, N. (2024). Literacy in the Scope of Radiation Protection for Healthcare Professionals Exposed to Ionizing Radiation: A Systematic Review. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/healthcare12202033>
- Şahmaran, T., & Çoraplı, H. (2024). Exploring occupational radiation exposure: Insights from a decade-long study (2012–2021). *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(1), 100830. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2024.100830>
- Samaila, B., Samaila, B., Tijjani, A. M., & Olasoji, O. W. (2025). ClinicSearch Clinics in Nursing Evaluation of the Existing Radiation Protection Measures to Minimize Radiation Risks and Optimize Contrast-Enhanced X-Ray Procedures. *Clinics in Nursin*, 4(2), 1–16. <https://doi.org/10.31579/2835-8147/081>
- Shubayr, N. (2025). Operating room radiation safety measures: Awareness, compliance, and perceived risks among nurses and other healthcare workers. *International Nursing Review*, 72(3), e13071. <https://doi.org/10.1111/inr.13071>
- Shungube, A., & Khoza, T. E. (2024). Compliance with radiation protection among radiographers in Eswatini public health facilities. *Health SA = SA Gesondheid*, 29, 2727. <https://doi.org/10.4102/hsag.v29i0.2727>
- Sugiyono. (2018). *Statistik untuk Penelitian*. Bandung.
- Tahiri, Z., Sekkat, H., Talbi, M., El Mansouri, M., Arruzza, E., Belyakov, O. V., Balduyck, S., Essendoubi, M., & Hiroual, S. (2025). Radiation exposure in interventional cardiology: a narrative review of health effects and novel approaches to ensure radiation safety. *Therapeutic Radiology and Oncology*, 9(August 2023), 10–10. <https://doi.org/10.21037/tro-23-25>
- Wirajaya, I. W. A., Diartama, A. A. A., Jeniyanthi, N. P. R., & Sari, P. A. K. (2024). Implementation of a Radiation Safety Management System in Conventional Spaces in the Radiology Installation. *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, 12(2), 399–404. <https://doi.org/10.37641/jimkes.v12i2.2490>
- Yoshandi, M., & Annisa. (2023). Sriwijaya Journal of Radiology and Imaging Research Assessment of Radiation Protection Practices in Diagnostic Radiology Facilities in Pekanbaru, Indonesia. *Sriwijaya Journal of Radiology and Imaging Research*, 1(2), 14–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.59345/sjr.v1i1.7>
- Zabarmawi, Y. (2024). Assessment of DNA damage in healthcare workers occupationally exposed

to low doses of ionizing radiation in the comet assay: Meta-analysis. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(2), 100864. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2024.100864>