

Kajian Keselamatan Paparan Radiasi Penggunaan Dental Sinar-X di Rumah Sakit Akademis Kota Makassar

Muh. Rusli¹, Nurul Auliyaa Hasbi², Zulkifli Tri Darmawan³, Nurul Jannah J⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Muhammadiyah Makassar, Makassar Sulawesi Selatan

Corresponding Author: Muh. Rusli
e-mail : muh.rusli@poltekkesmu.ac.id

ABSTRACT

Background: This study was designed to evaluate radiation-safety conditions related to exposure from dental X-ray procedures at the Radiology Unit of Akademis Hospital Makassar. In routine clinical practice, variations in distance, exposure time, and positioning can influence the amount of scattered radiation received by surrounding areas. Given the importance of maintaining exposure levels within recommended safety limits.

Methods: Radiation measurements were conducted at a fixed tube potential of 70 kV and a tube current of 9 mA. Dose readings were taken at four distances (1 m, 2 m, 3 m, and 4 m) and under four exposure-time settings (0.15 s, 0.19 s, 0.23 s, and 0.27 s). Measurements were also performed from four directions relative to the X-ray source—front, left, right, and rear. All data were recorded using standardized dosimetric procedures to determine which combination yielded optimal dose accuracy.

Results: The analysis showed that the most favorable dose accuracy was obtained at a distance of 3 meters with an exposure time of 0.19 seconds, measured from the posterior direction. Under these conditions, the recorded dose was 0.87 $\mu\text{Sv/h}$, representing the most stable and reliable value among all tested variations.

Conclusions: The findings indicate that maintaining a distance of at least 3 meters, combined with appropriate exposure-time selection, can significantly enhance dose accuracy and improve radiation-safety conditions in dental X-ray environments. These results highlight the importance of optimizing positioning and exposure parameters to support safer radiographic practice.

Keywords: Dental X-ray; radiation safety; dose accuracy; exposure parameters; scattered radiation

Pendahuluan

Sejak penemuan sinar-X oleh Wilhelm Conrad Röntgen pada tahun 1895 dan berkembangnya peralatan radiografi dimasa tersebut, teknologi ini telah memberikan manfaat yang sangat besar dalam dunia Kesehatan (Wiguna, 2018; Saragih et al., 2024). Sinar-X sebagai salah satu bagian dari radiasi pengion merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai energi sangat tinggi dengan panjang gelombang pendek dan berfrekuensi besar (Yufita et al., 2024). Foton pada sinar-X dan foton berenergi tinggi pada sinar- γ dapat mengubah struktur sel hidup melalui mekanisme langsung maupun tidak langsung (Astuti, 2022).

Pada mekanisme langsung, radiasi berinteraksi dengan atom di dalam jaringan sehingga menghasilkan senyawa terionisasi dan elektron bebas (Aji & Mandagi, 2023). Sementara itu, mekanisme tidak langsung terjadi ketika radiasi menyebabkan radiolisis air, yang kemudian memicu

pembentukan radikal bebas. Kedua mekanisme ini berpotensi menimbulkan perubahan biologis pada sel dan jaringan. Radiasi pengion, meskipun digunakan dalam dosis yang sangat kecil di bidang medis, namun tetap saja memiliki potensi risiko bagi manusia. Oleh karena itu, penerapan prinsip keselamatan radiasi menjadi hal yang begitu penting dan wajib dipenuhi untuk memastikan bahwa paparan terhadap manusia dan lingkungan tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan (Rahmawati et al., 2025; Dianasari & Koesyanto, 2017; Rahman et al., 2020).

Dalam praktik kedokteran gigi, radiografi merupakan salah satu perangkat diagnostik yang paling sering digunakan. Pemeriksaan radiografi berkontribusi penting dalam penegakan diagnostik, menentukan prognosis, serta memantau hasil berbagai prosedur perawatan yang akan dilakukan. Teknik ini juga berfungsi sebagai metode visualisasi untuk mengidentifikasi struktur anatomi

secara lebih jelas dan akurat, sehingga mampu mendukung pengambilan Keputusan klinis yang lebih tepat dan aman (Susanto et al, 2022).

Meskipun radiasi yang digunakan dalam pemeriksaan foto gigi umumnya bersifat dosis rendah, potensi risiko tidak boleh diabaikan, sama halnya seperti ketika menggunakan bahan radioaktif. Karena itu, sangat penting untuk menerapkan regulasi keselamatan radiasi dan pengamanan sumber radioaktif secara ketat. Proteksi tersebut bertujuan melindungi pekerja, pasien, masyarakat, dan lingkungan dari bahaya radiasi pengion, dan telah diatur melalui peraturan perundang-undangan yang berlaku. (Normawati, 2022; Rahman et al., 2020; Monita, 2021; Rahmawati et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa paparan rendah radiasi sinar-X tetap berisiko, meskipun intensitasnya jauh lebih kecil dibanding bahan radioaktif aktif. Misalnya, salah satu studi menunjukkan bahwa tindakan proteksi radiasi sangat penting untuk membatasi paparan pekerja dan lingkungan (Rahmayani et al., 2020). Di sisi lain, analisis distribusi dosis radiasi pada klinik radiologi mengungkapkan bahwa jarak dari sumber sangat menentukan sebaran paparan, sehingga proteksi fisik seperti perisai menjadi faktor utama pengendalian paparan radiasi (Yufita et al., 2024).

Selain itu, penelitian terhadap dampak paparan radiasi sinar-X pada petugas radiologi menemukan adanya perubahan pada sel darah, misalnya terdapat korelasi antara paparan sinar-X dengan kadar leukosit pada radiografer (Mauliku & Ramadani, 2019). Berdasarkan studi observasi yang dilakukan di lapangan sering ditemukan Radiografer tidak menggunakan APD saat melakukan pelayanan seperti Apron dan perisai Radiasi sedangkan penerapan manajemen keselamatan radiasi dan pengamanan sumber menjadi sangat penting agar paparan tidak melebihi ambang batas yang dapat ditoleransi oleh tubuh.

Metode

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan pendekatan observasional dengan teknik pengambilan sampel purposive sampling. Penelitian ini dilakukan di RS Akademis Makassar, berlangsung sejak dengan menggunakan pesawat dental X-Ray berlangsung pada bulan September – Desember 2025.

Pengukuran paparan radiasi dilakukan menggunakan pesawat dental sinar-X (My Ray tipe RX AC) yang dioperasikan pada tegangan tabung 70 kV, arus 9 mA, dan ukuran fokus 0,8 x 0,8 mm

dengan rentang waktu eksposi 0,09 – 1,61 sekon.. Alat ukur yang digunakan adalah surveymeter dengan merek Thermo, model FH 40 G-L, no. seri 42540/0401 dan phantom perspex dengan ketebalan 10 mm sebagai pengganti organ pada manusia.

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan pesawat dental sinar-X dengan paparan dosis radiasi pada pemeriksaan dental sinar-X dengan menggunakan faktor eksposi sebesar 70 kV, 9 mA. surveymeter memiliki sertifikat kalibrasi yang masih berlaku, dalam penelitian menggunakan ketinggian surveymeter setinggi gonad dengan memposisikan phantom di atas kursi pemeriksaan dari berbagai arah yaitu arah depan, arah belakang, arah kiri, arah kanan, dengan jarak 1 meter, 2 meter, 3 meter dan 4 meter dari berbagai arah yaitu depan, samping kiri, samping kanan dan belakang dengan variasi waktu eksposi yang berbeda pada setiap objek menggunakan phantom perspex dengan ketebalan phantom 10 mm sebagai pengganti organ pada manusia. Adapun hasil pengukuran paparan dosis radiasi secara langsung dengan menggunakan alat ukur surveymeter, dengan menggunakan faktor eksposi 70 kV, 9 mA dengan waktu (0.15 s, 0.19 s, 0.23 s, dan 0.27 s) pada jarak (1 m, 2 m, 3 m, dan 4 m).

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran paparan radiasi dilakukan menggunakan pesawat dental sinar-X (My Ray tipe RX AC) yang dioperasikan pada tegangan tabung 70 kV, arus 9 mA, dan ukuran fokus 0,8 x 0,8 mm dengan rentang waktu eksposi 0,09 – 1,61 sekon.. Alat ukur yang digunakan adalah surveymeter dengan merek Thermo, model FH 40 G-L, no. seri 42540/0401 dan phantom perspex dengan ketebalan 10 mm. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah kami lakukan dengan pesawat dental sinar-X diperoleh hasil paparan dosis Radiasi dari berbagai jarak dan arah (tabel 1) berikut :

Hasil pengukuran pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh oleh jarak, arah hamburan, dan durasi waktu eksposi terhadap paparan radiasi. Pada semua jenis variasi waktu, tercatat bahwa paparan tertinggi selalu tercatat pada jarak 1 meter dari sumber radiasi. Sementara pada jarak 3 sampai 4 meter, menunjukkan penurunan paparan yang sangat tajam hingga mendekati nol, sehingga dapat disebut sebagai zona yang aman bagi petugas ataupun pasien dan pendampingnya. Pola ini jelas sesuai dengan hukum kuadrat terbalik dimana peningkatan jarak akan memberikan efek reduksi paparan yang jauh lebih besar. Hasil ini serupa dengan penelitian Yulfira et al, (2024) yang

menunjukkan bahwa jarak memberikan kontribusi dalam proses pengurangan jumlah dosis radiasi di area klinis.

Selain jarak, arah penyinaran juga turut berpengaruh terhadap paparan radiasi. Arah depan secara konsisten memperlihatkan nilai tertinggi pada setiap kondisi eksposi. Sementara arah belakang, menunjukkan nilai yang paling rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Susanto et al., (2021) dan Astuti (2022) yang menyebutkan bahwa hamburan terbesar pada pemeriksaan radiografi gigi bergerak ke arah frontal akibat interaksi foton dengan jaringan atau phantom yang menghasilkan hamburan compton dominan ke arah anterior. Oleh karena itu, posisi operator berdiri di depan pasien merupakan area paling berisiko dan sangat tidak disarankan dalam praktik radiografi dental.

Tabel 1. Hasil Pengukuran paparan radiasi dental sinar-X

Waktu (Detik)	Jarak (Meter)	Arah	Paparan ($\mu\text{Sv/h}$)
0,15	1	Depan	85,95
		Samping kiri	76,4
		Samping kanan	62,85
		Belakang	46,4
	2	Depan	28,52
		Samping kiri	19,07
		Samping kanan	13,4
		Belakang	12,5
	3	Depan	0
		Samping kiri	0
		Samping kanan	0
		Belakang	0
0,19	1	Depan	103,12
		Samping kiri	80,9
		Samping kanan	73,4
		Belakang	62,4
	2	Depan	32,3
		Samping kiri	22,18
		Samping kanan	18,4
		Belakang	15,4
	3	Depan	1,57
		Samping kiri	1,48
		Samping kanan	1,33
		Belakang	0,87
0,23	1	Depan	115,15
		Samping kiri	99,4
		Samping kanan	89,4
		Belakang	75,04
	2	Depan	52,51
		Samping kiri	28,03
		Samping kanan	18,03

Waktu (Detik)	Jarak (Meter)	Arah	Paparan ($\mu\text{Sv/h}$)
0,27	3	Belakang	16,5
		Depan	1,91
		Samping kiri	1,87
		Samping kanan	1,76
	4	Belakang	1,04
		Depan	0
		Samping kiri	0
		Samping kanan	0
	1	Belakang	0
		Depan	139,5
		Samping kiri	113,7
		Samping kanan	109,5
0,27	2	Belakang	92,99
		Depan	69,1
		Samping kiri	29,2
		Samping kanan	23,7
	3	Belakang	16,97
		Depan	2,83
		Samping kiri	2,68
		Samping kanan	2,51
	4	Belakang	1,15
		Depan	0
		Samping kiri	0
		Samping kanan	0

Variasi waktu eksposi juga menunjukkan peran yang menentukan besarnya paparan. Semakin lama waktu penyinaran, semakin tinggi akumulasi paparan yang diterima, terutama pada jarak dekat. ketika waktu eksposi meningkat dari 0,15 detik menjadi 0,27 detik, dosis paparan pada jarak 1 meter melonjak dari 85,95 $\mu\text{Sv/h}$ menjadi 139,5 $\mu\text{Sv/h}$. Sesuai dengan prinsip dasar proteksi radiasi, di mana waktu berbanding lurus dengan akumulasi dosis, sebagaimana ditegaskan oleh Aji & Mandagi (2023) serta Rahmawati et al. (2025) yang menyebutkan bahwa pengaturan waktu merupakan salah satu elemen penting dalam mengendalikan paparan pada operator radiologi.

Menariknya, temuan penelitian ini mengidentifikasi kombinasi kondisi yang menghasilkan paparan paling rendah, yaitu pada waktu 0,19 detik dengan jarak 3 meter dari arah belakang. Pada kondisi tersebut, paparan hanya mencapai 0,87 $\mu\text{Sv/h}$, yang menunjukkan bahwa pengaturan jarak dan orientasi petugas memiliki dampak yang signifikan meskipun waktu eksposi tidak terlalu rendah. Hasil ini mendukung temuan Dianasari & Koesyanto (2017) serta Normawati (2022), yang menekankan pentingnya optimalisasi posisi dan jarak dalam penerapan keselamatan radiasi, terutama pada ruang klinis yang menggunakan sumber radiasi berenergi rendah seperti dental sinar-X.

Penelitian Rahmayani et al. (2020) menunjukkan bahwa dosis hambur dapat ditekan hampir mendekati nol pada jarak lebih dari 3 meter, sama seperti yang terlihat dalam penelitian ini. Sementara itu, penelitian Mauliku & Ramadani (2019) dan Hidayat et al. (2020) menguatkan urgensi pengendalian paparan bagi petugas karena paparan kumulatif sinar-X terbukti dapat memengaruhi parameter hematologi dan menyebabkan kerusakan DNA limfosit. Dengan demikian, pola penurunan paparan pada jarak yang lebih jauh tidak hanya relevan secara fisik tetapi juga memiliki dampak penting bagi kesehatan jangka panjang petugas radiologi.

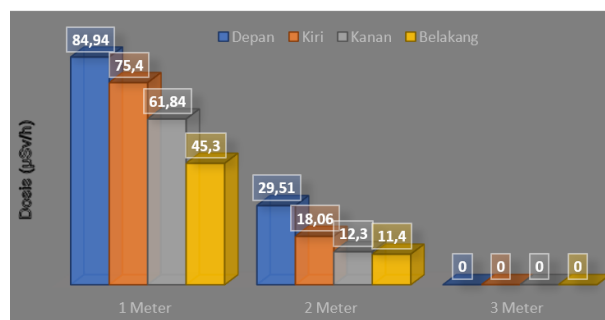
Secara keseluruhan, Tabel 1 memberikan gambaran praktis bahwa keselamatan radiasi pada pemeriksaan dental sinar-X dapat tercapai dengan sangat baik melalui penerapan prinsip proteksi yang sederhana, yaitu menjaga jarak aman, menghindari posisi frontal, dan meminimalkan durasi eksposi bila tidak diperlukan. Data juga menunjukkan bahwa jarak memiliki pengaruh yang paling besar dalam menurunkan paparan hambur, jarak aman yaitu minimal 3 sampai 4 meter diterapkan dalam praktik klinis. Dengan penerapan yang disiplin terhadap ketiga unsur tersebut, risiko paparan operator dapat ditekan hingga tingkat yang sangat rendah, sejalan dengan prinsip proteksi radiasi internasional seperti yang direkomendasikan oleh ICRP.

Pada pemeriksaan pertama diberikan waktu eksposi 0,15 detik dengan jarak dan waktu yang sama dan sisi yang berbeda yang dilakukan sebanyak 5 kali penyinaran diperoleh variasi paparan dosis radiasi yang berbeda-beda (Tabel 1). Pada jarak 1 meter diperoleh paparan 46,4 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 85,95 ($\mu\text{Sv/h}$) sedangkan pada jarak 2 meter diperoleh paparan 12,5 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 28,52 ($\mu\text{Sv/h}$) sedangkan pada jarak 3 meter tidak ditemukan paparan dosis radiasi (gambar 1).

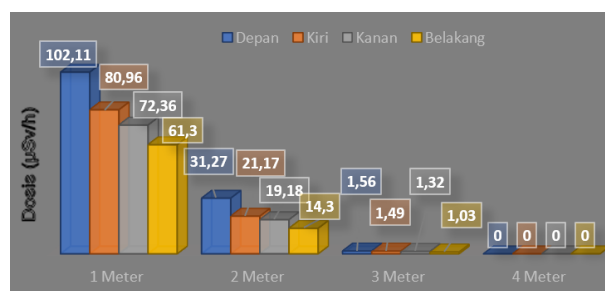
Pada pemeriksaan kedua diberikan waktu eksposi 0,19 detik dengan jarak dan waktu yang sama dan arah yang berbeda yang dilakukan sebanyak 5 (lima) kali penyinaran diperoleh variasi paparan dosis radiasi yang berbeda-beda (dilihat pada Tabel 1). Pada jarak 1 meter diperoleh paparan 62,4 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 103,12 ($\mu\text{Sv/h}$), pada jarak 2 meter diperoleh paparan 15,4 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 32,3 ($\mu\text{Sv/h}$) pada jarak 3 meter diperoleh paparan 0,87 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 1,57 ($\mu\text{Sv/h}$), sedangkan pada jarak 4 meter tidak ditemukan lagi paparan dosis radiasi (gambar 2).

Pada pemeriksaan ketiga diberikan waktu eksposi 0,23 detik dengan jarak dan waktu yang sama dan arah yang berbeda yang dilakukan

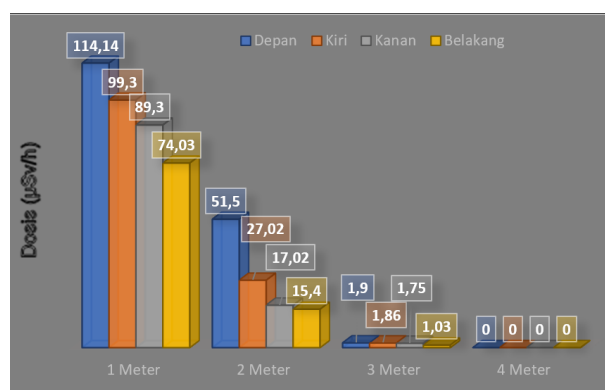
sebanyak 5 (lima) kali penyinaran diperoleh variasi paparan dosis radiasi yang berbeda-beda (dilihat pada Tabel 1). Pada jarak 1 meter diperoleh paparan 75,4 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 115,15 ($\mu\text{Sv/h}$), pada jarak 2 meter diperoleh paparan 16,5 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 52,51 ($\mu\text{Sv/h}$) pada jarak 3 meter diperoleh paparan 1,04 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 1,91 ($\mu\text{Sv/h}$), sedangkan pada jarak 4 meter sudah tidak ditemukan lagi paparan dosis radiasi (gambar 3).



Gambar 1. Grafik pengaruh dosis terhadap jarak dan arah pada waktu 0,15 detik



Gambar 2. Grafik pengaruh dosis terhadap jarak dan arah pada waktu 0,19 detik



Gambar 3. Grafik pengaruh dosis terhadap jarak dan arah pada waktu 0,23 detik

Pada pemeriksaan keempat diberikan waktu eksposi 0,27 detik dengan jarak dan waktu yang sama dan arah yang berbeda yang dilakukan sebanyak 4 kali penyinaran diperoleh dosis radiasi yang berbeda-beda (dilihat pada Tabel 1). Pada jarak 1 meter diperoleh paparan 92,99 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 139,5 ($\mu\text{Sv/h}$), pada jarak 2 meter diperoleh

paparan 16,97 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 69 ($\mu\text{Sv/h}$) pada jarak 3 meter diperoleh paparan 1,15 ($\mu\text{Sv/h}$) hingga 2,83 ($\mu\text{Sv/h}$), sedangkan pada jarak 4 meter sudah tidak ditemukan lagi paparan dosis Radiasi (gambar 4).



Gambar 4. Grafik pengaruh dosis terhadap jarak dan arah pada waktu 0,27 detik

Nilai intensitas dosis tertinggi terdapat pada waktu 0,27 detik dengan jarak 1 meter pada arah depan dengan akurasi dosis 139,5 ($\mu\text{Sv/h}$). Titik terendah terdapat pada waktu 0,19 detik dengan jarak 3 meter pada arah belakang dengan akurasi dosis 0,87 ($\mu\text{Sv/h}$) untuk seorang petugas yang berada di medan radiasi selama penyinaran. Dari akumulasi data seorang petugas dapat menentukan jarak aman dalam melakukan pemeriksaan.

Waktu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya paparan radiasi yang diterima oleh seseorang baik itu petugas maupun pasien. Untuk mencegah hal tersebut dapat dihindari dengan mengurangi waktu berada pada sumber radiasi dengan menggunakan alat pelindung diri (APD) dalam menjalankan tugas di medan radiasi.

Lama waktu penyinaran semakin panjang maka dosis radiasi yang diterima akan semakin besar. Petugas radiasi yang berada di dalam medan radiasi akan menerima dosis radiasi yang besarnya sebanding dengan lamanya petugas tersebut berada di dalam medan radiasi. Waktu penyinaran merupakan faktor penting dalam membatasi jumlah dosis akumulasi yang diterima oleh petugas radiasi dan pasien. Hasil pengukuran paparan radiasi di lingkungan sekitar ruangan radiologi dapat dilihat pada tabel 2.

Data akumulasi pengukuran yang diperoleh menunjukkan bahwa desain ruangan radiologi dapat dinyatakan aman. Desain ruangan yang pada dasarnya menggunakan gypsum dan beton sebagai sekat pemisah antara ruangan radiologi dan ruangan disekitarnya dilapisi timbal atau Pb dengan tebal 2 mm (Wibowo et al., 2022. Sesuai dengan ketentuan yang berlaku wajib menyusun program proteksi

radiasi sejak proses perencanaan, tahap pembangunan instalasi, dan pada tahap operasi. Program ini dimaksudkan untuk menekan serendah mungkin kemungkinan terjadinya penyinaran radiasi yang tidak dikehendaki (Yoshandi et al., 2022). Oleh sebab itu, perlu adanya penerapan prinsip keselamatan radiasi dalam pengoperasian suatu instalasi nuklir sesuai dengan yang direkomendasikan oleh Komisi Internasional untuk Perlindungan Radiologi (ICRP).

Tabel 2. Paparan Radiasi di Lingkungan Sekitar Sumber

No	Posisi	Jarak dari Sumber (meter)	Paparan ($\mu\text{Sv/h}$)
1	Ruang Petugas	4	0
2	Ruang USG	6	0
3	Ruang Tunggu Pasien	4	0

Kondisi kerja yang aman, harus mengikuti kaidah-kaidah proteksi Radiasi yang telah ditetapkan ICRP dalam pemanfaatan teknik nuklir dalam berbagai bidang kegiatan Proteksi Radiasi yang mengacu pada tiga azas yaitu justifikasi atau pembenaran, optimalisasi, dan pembatasan penerimaan dosis. Untuk memenuhi azas optimisasi tadi, diperkenalkan tiga falsafah dasar proteksi radiasi, yaitu pengaturan waktu ketika berada di tempat radiasi, pengaturan jarak yang aman terhadap sumber radiasi, dan penggunaan perisai radiasi. Dasar proteksi radiasi mengacu pada pengaturan waktu dan jarak, merupakan cara yang sangat sederhana untuk menekan penerimaan paparan radiasi selama menjalankan tugas, dan keduanya dapat dilakukan oleh setiap petugas meski hanya dengan fasilitas proteksi radiasi yang sederhana.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang kami lakukan pada pengukuran paparan Radiasi Dental sinar-X di Radiologi Rumah Sakit Akademis Makassar, maka dengan ini diperoleh kesimpulan bahwa nilai intensitas dosis tertinggi terdapat pada waktu 0,27 detik dengan jarak 1 meter pada arah depan dengan akurasi dosis 139,5 ($\mu\text{Sv/h}$). Titik terendah terdapat pada waktu 0,19 detik dengan jarak 3 meter pada arah belakang dengan akurasi dosis 0,87 ($\mu\text{Sv/h}$) untuk seorang petugas yang berada di medan radiasi selama penyinaran.

Daftar Pustaka

- Aji, P. S., & Mandagi, A. M. (2023). Dampak paparan radiasi sinar X lingkungan terhadap leukosit dari petugas radiologi. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(3), 270–275.
- Astuti, E. R. (2022). The effect of dental X-ray on the cells of the human body. *Makassar Dental Journal*, 11(1).
- Dianasari, T., & Koesyanto, H. (2017). Penerapan manajemen keselamatan radiasi di instalasi radiologi rumah sakit. *Unnes Journal of Public Health*, 6(3), 175–183.
- Hidayat, H. H., Milvita, D., & Kurnia, I. (2020). Pengamatan efek radiasi melalui pembentukan foci γ H2AX pada sel limfosit radiografer. *Jurnal Ilmu Fisika*, 12(1), 1–5.
- Kisnanto, T., Darlina, D., & Rahardjo, T. (2018). Pengaruh radiasi pengion terhadap kerusakan DNA pada sel limfosit pekerja medis dengan menggunakan uji komet. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 14(2), 125–131.
- Mauliku, N. E., & Ramadani, R. (2019). Hubungan paparan radiasi sinar X dengan kadar hematologi pada petugas radiologi Rumah Sakit Purwakarta: Correlation between X-ray radiation exposure and hematology level on radiographers at Purwakarta Hospital. *Jurnal Teras Kesehatan*, 2(2), 26–31.
- 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.
- Normawati, S. (2022). Penerapan proteksi radiasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kedokteran*, 1(2), 168–179.
- Rahman, F. U. A., Nurrachman, A. S., Astuti, E. R., Epsilawati, L., & Azhari, A. (2020). Paradigma baru konsep proteksi radiasi dalam pemeriksaan radiologi kedokteran gigi: Dari ALARA menjadi ALADAIP. *Jurnal Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia (JRDI)*, 4(2), 27–34.
- Rahmawati, I., Milvita, D., & Hiswara, E. (2025). Evaluasi penerapan proteksi radiasi pada ruangan dan pekerja radiasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, 14(4), 394–400.
- Rahmayani, R., Sahara, S., & Zelviani, S. (2020). Pengukuran dan analisis dosis proteksi radiasi sinar-X di Unit Radiologi RS Ibnu Sina YW-UMI. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 7(1), 87–96.
- Saragih, R., Lumbantobing, J., Sitohang, P., Hervina, H., & Sinarinta, J. (2024). Teknik radiografi ossa pedis dextra pada kasus dislokasi phalang distal digiti I di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Efarina Etaham Pematangsiantar Tahun 2024. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 7(2), 927–933.
- Susanto, E., Larasati, E., Warsono, H., & Yuniningsih, T. (2021). Protection of the safety of dental health workers against radiation exposure dental X-ray. *Jurnal Kesehatan Gigi*, 8(2), 157–160.
- Wibowo, A. S., Cahyono, E., Iswari, R. S., Al Amin, K., & Jannah, M. (2022). Comparison of The Effectiveness of Radiation Shield Wall Between Lead-Layers and Plastering Brick-Layers. *Jurnal Riset Kesehatan*, 11(2), 136–141.
- Wiguna, G. A., Alshweikh, A. M., Suparta, G. B., Louk, A. C., & Kusminarto, K. (2018). Penentuan densitas akrilik dan plastik berdasarkan citra radiografi digital. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(1), 12–16.
- Yufita, E., Fitriani, F., Fasbir, F., & Safitri, R. (2024). Analisa pengaruh fungsi jarak pesawat sinar-X terhadap sebaran dosis radiasi di ruang laboratorium klinik. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 7(2), 94–101.
- Yoshandi, T. M., Saputra, A., & Purnamasari, D. (2022). Overview of Radiation Safety Management System in Radiology Facility of Petala Bumi Regional General Hospital. *Medical Imaging and Radiation Protection Research (MIROR) Journal*, 2(1), 16–21.