

Analysis of Radiation Dose Received by Radiation Workers with Physical and Biological Dosimeters in The Radiology Unit of Sanjiwani Hospital

Gde Ari Mas Janudinata^{1*}, Gusti Ngurah Sutapa^{2*}, I Gde Antha Kasmawan³, Ida Bagus Made Suryatika³, I Nengah Artawan⁴, Ni Luh Putu Trisnawati⁵

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

Received: 07 February 2025

Revised: 25 April 2025

Accepted: 27 April 2025

Corresponding Author:
Gusti Ngurah Sutapa.

Sutapafis97@unud.ac.id

© 2025 Kappa Journal is licensed under
a Creative Commons Attribution-
NonCommercial-ShareAlike 4.0
International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29539>

Abstract: This study aims to evaluate the impact of radiation exposure on the health of radiation workers at RSUD Sanjiwani Gianyar over the past five years. The evaluation was conducted through a physical approach, measuring radiation doses using Thermoluminescent Dosimeter (TLD), and a biological approach by analyzing the total leukocyte count and its components, namely neutrophils, lymphocytes, monocytes, and eosinophils. The results showed that the highest radiation dose was received by radiology specialists at 0.921 mSv, followed by medical physicists at 0.905 mSv, and radiographers at 0.894 mSv. This variation reflects differences in radiation exposure levels based on each profession's tasks and positions. Leukocyte and component analysis indicated that all values were within normal ranges. Although statistical tests showed significant differences in neutrophil levels between professions, overall radiation doses and leukocyte levels were within the safe limits set by PERKA BAPETEN No. 4 of 2013. The findings underline that radiation protection measures at RSUD Sanjiwani have been effective in minimizing health risks from radiation exposure. However, regular dose monitoring and health evaluations are necessary to ensure long-term protection for radiation workers.

Keywords: Radiation; Physical Dosimeter; Leukocytes; Radiation Workers; Biological Dosimeter.

Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat telah membawa kemajuan signifikan dalam bidang kesehatan. Sejak penemuan sinar-X oleh Wilhelm Conrad Roentgen lebih dari 100 tahun yang lalu, serta penemuan sifat radioaktivitas oleh Marie Curie dan Henry Becquerel, teknologi radiasi pengion telah menjadi komponen utama dalam diagnosis dan pengobatan berbagai penyakit, termasuk kanker. Di bidang radiologi, sinar-X banyak digunakan untuk diagnosis, seperti mendeteksi patah tulang, batu ginjal, dan penyakit paru-paru.

Radiodiagnostik memberikan kontribusi penting dalam memberikan gambaran yang membantu dokter dalam menentukan diagnosis, merancang perawatan, serta mengevaluasi keberhasilan terapi (Suryani, 2018). Namun, penggunaan sinar-X tidak lepas dari risiko paparan radiasi pengion yang dapat berdampak negatif, baik pada pasien maupun pekerja radiasi. Paparan ini dapat menyebabkan efek stokastik, seperti kanker dan mutasi genetik, serta efek deterministik yang lebih parah pada dosis tinggi, seperti kerusakan jaringan atau katarak (Nugraheni, dkk., 2020). Untuk itu, diperlukan penerapan proteksi radiasi yang efektif, termasuk

How to Cite:

Janudinata, G. A., Sutapa, G. N., Kasmawan, I G. A., Suryatika, I. B. M., Artawan, I N., & Trisnawati, N. L. (2023). Analysis of Radiation Dose Received by Radiation Workers with Physical and Biological Dosimeters in The Radiology Unit of Sanjiwani Hospital. *Kappa Journal*, 9(1), 98-103. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29539>

kontrol terhadap jarak, waktu, dan penggunaan perisai radiasi (Aryawijayanti, dkk., 2015).

Pemantauan dosis radiasi secara rutin adalah langkah esensial untuk memastikan paparan tetap dalam batas aman. Berdasarkan ketentuan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), nilai batas dosis (NBD) untuk pekerja radiasi adalah 20 mSv per tahun rata-rata dalam lima tahun atau 50 mSv per tahun (BAPETEN, 2013). Pemantauan ini umumnya dilakukan menggunakan dosimeter fisik, seperti *Thermoluminescent Dosimeter* (TLD), yang mampu mengukur dosis radiasi secara akurat. Meski demikian, TLD memiliki keterbatasan dalam mendeteksi efek biologis radiasi (Hanifatunnisa, dkk., 2018).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dosis radiasi pada pekerja di beberapa fasilitas kesehatan masih berada dalam batas aman. Misalnya, penelitian di RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung mencatat dosis ekuivalen rata-rata tertinggi sebesar 0,206 mSv/tahun (Muhamad, dkk., 2018). Studi serupa di wilayah BPFK Makassar juga melaporkan hasil yang konsisten dengan NBD (Darmawati, dkk., 2022). Meski begitu, fokus penelitian ini umumnya terbatas pada penggunaan dosimeter fisik. Paparan radiasi juga dapat memengaruhi tubuh manusia secara biologis, seperti penurunan kadar leukosit akibat dosis tinggi.

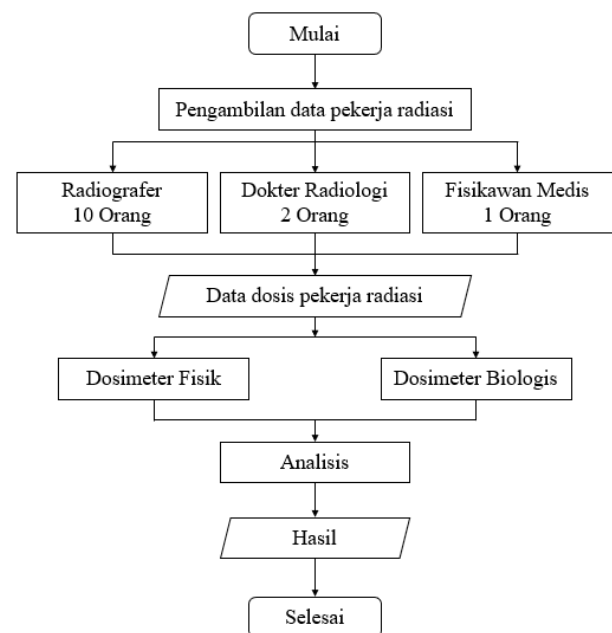
Oleh karena itu, diperlukan pendekatan tambahan berupa dosimeter biologis untuk melengkapi data dari dosimeter fisik. Dosimeter biologis mampu mendeteksi perubahan pada sel darah akibat paparan radiasi, memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang dampaknya pada tubuh. Selain risiko kesehatan, jarak antara objek dan sumber sinar-X menjadi faktor teknis penting yang memengaruhi distribusi dosis radiasi dan kualitas hasil pencitraan. Jarak yang tidak tepat dapat mengurangi keakuratan diagnosis karena pengaruhnya terhadap ketajaman citra.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara jarak objek-film dan kualitas hasil pencitraan, serta distribusi dosis radiasi yang diterima pekerja. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh data yang komprehensif mengenai besar dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi dengan pendekatan fisik dan biologis, serta faktor teknis yang memengaruhi kualitas pencitraan. Hasilnya diharapkan dapat mendukung langkah-langkah proteksi radiasi yang lebih baik dan menjaga keselamatan pekerja radiasi dalam jangka panjang.

Metode

Penelitian mengenai besar dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi dengan dosimeter fisik dan biologis ini dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD

Sanjiwani Gianyar. Adapun alat yang digunakan adalah *Thermoluminisence Dosimeter* (TLD) dengan merk *Harshaw* untuk data fisik dan pada data biologis didapatkan dari hasil tes darah masing-masing pekerja. Dalam penelitian ini digunakan 3 jenis variabel, dengan variabel bebas merupakan nilai dari data pekerja radiasi, variabel terikat merupakan nilai dosis pekerja dan kuantitas leukosit, serta variabel control nya berupa suhu, kelembaban, dan kuat pencahayaan. Adapun alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder hasil TLD dan tes darah pekerja radiasi di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani Gianyar. Data yang diambil adalah data pekerja radiasi dengan profesi Dokter Spesialis Radiologi sebanyak 2 orang, Radiografer 10 orang, dan Fisikawan Medis 1 orang. Jenis data yang diambil adalah data nilai dosis yang diterima pekerja berdasarkan TLD masing-masing, dan kuantitas leukosit pekerja dari hasil tes darah yang dilakukan di rumah sakit.

Data hasil dosimeter fisik (TLD) kemudian dilakukan perhitungan nilai kuartil ke-3 atau batas atas dari 75% populasi, untuk menentukan tingkat paparan radiasi tertinggi yang masih berada dalam distribusi normal pekerja. Perhitungan kuartil ke-3 ini dilakukan dengan mencari posisi kuartil ke-3 menggunakan Persamaan 1, yang dilanjut perhitungan kuartil ke-3 nya pada Persamaan 2.

$$n_{Q3} = \frac{3(n+1)}{4} \quad (1)$$

$$X_{Q3} = X_{a3} + \frac{1}{4}(X_{b3} - X_{a3}) \quad (2)$$

Keterangan:

n_{Q3} : Posisi kuartil ke-3

X_{Q3} : Nilai kuartil ke-3

X_{b3} : Pengamatan setelah posisi kuartil ke-3
 X_{a3} : Pengamatan sebelum posisi kuartil ke-3
 n : Banyaknya data

Apabila nilai n_{Q3} yang didapatkan tidak bulat, dilakukan interpolasi untuk menghitung nilai kuartil ke-3 menggunakan Persamaan 3 (Hamzah, dkk., 2017):

$$Q_3 = Q_{a3} + (X_3 - X_{a3}) \times \frac{(Q_{b3} - Q_{a3})}{(X_{b3} - X_{a3})}$$
 (3)

Keterangan:

Q_3 : Kuartil ke-3
 X_3 : Posisi kuartil ke-3
 X_{a3} : Posisi sebelum kuartil ke-3
 X_{b3} : Posisi setelah kuartil ke-3
 Q_{a3} : Nilai sebelum kuartil ke-3
 Q_{b3} : Nilai setelah kuartil ke-3

Untuk data hasil dosimeter biologis digunakan laporan hasil tes darah pekerja radiasi yang dilakukan selama 5 tahun (2019-2023) yang kemudian di rata-rata kan untuk mengetahui apakah kuantitas leukosit pekerja selama kurun waktu 5 tahun berada dalam batas normal atau tidak. Setelah itu, baik dosimeter fisik maupun dosimeter biologis dilakukan analisis statistik uji *One-way* Anova untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nilai dosis antar profesi pekerja, dan uji-t satu arah untuk membandingkan rata-rata hasil pengukuran dengan nilai batas dosis (NBD) yang ditetapkan BAPETEN pada Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013 menggunakan *Software* PSPP-1.6.2.

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran dosis radiasi dilakukan dengan menggunakan *Thermoluminisence Dosimeter* (TLD) kepada dokter spesialis radiologi, radiografer dan fisikawan medis di Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani setiap 3 bulan sekali yang dilakukan oleh Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Surabaya. Data hasil pengukuran tersebut kemudian di rata-rata kan sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Dosis total dalam 5 tahun

Profesi	Dosis Tahunan (mSv)					Total Dosis (mSv)
	2019	2020	2021	2022	2023	
Dokter Spesialis Radiologi	0,55 0	0,93 7	0,90 5	0,68 5	0,76 5	3,856
Radiografer	0,73 2	0,78 5	0,93 3	0,69 6	0,85 5	4,001
Fisikawan Medis	0,00 0	0,10 0	0,95 0	0,69 0	0,86 0	2,600

Setelah data dosis tahunan terkumpul selama lima tahun, dilakukan analisis dengan mengelompokkan data berdasarkan profesi dan di urutkan mulai dari data terkecil sampai yang terbesar.

Kemudian, untuk mengidentifikasi nilai batas dosis, dihitung kuartil-3 menggunakan Persamaan 1.

$$n_{Q3} = \frac{3(n + 1)}{4} = \frac{3(5 + 1)}{4} = \frac{18}{4} = 4,5$$

Karena nilai n_{Q3} yang didapatkan tidak bulat, maka dilakukan interpolasi untuk menghitung nilai kuartil ke-3 menggunakan Persamaan 3. Berikut salah satu perhitungan nilai kuartil ke-3 pada profesi Dokter Spesialis Radiologi:

$$Q_3 = Q_{a3} + (X_3 - X_{a3}) \times \frac{(Q_{b3} - Q_{a3})}{(X_{b3} - X_{a3})}$$

$$Q_3 = 0,905 + (4,5 - 4) \times \frac{(0,937 - 0,905)}{(5 - 4)}$$

$$Q_3 = 0,905 + (0,5) \times 0,032$$

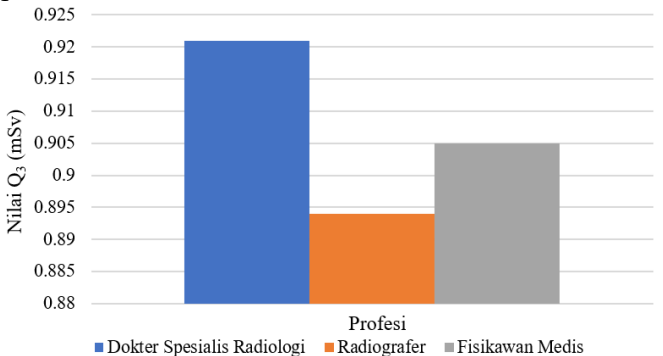
$$Q_3 = 0,921 \text{ mSv}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama untuk mendapatkan nilai kuartil ke-3 untuk profesi radiografer dan fisikawan medis. Hasil perhitungan secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Q_3 untuk setiap profesi

Profesi	Nilai Q_3 (mSv)
Dokter Spesialis Radiologi	0,921
Radiografer	0,894
Fisikawan Medis	0,905

Hasil nilai kuartil ke-3 untuk setiap profesi pada Tabel 2 juga dapat ditunjukkan dalam grafik seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik nilai kuartil ke-3 pada masing-masing profesi.

Kemudian dilakukan analisis statistik uji-t satu arah untuk mengetahui apakah nilai dosis yang diterima pekerja melebihi standar yang ditetapkan atau tidak, hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji-t hitung dosis radiasi yang diterima pekerja

	Test Value = 20					
	t	d f	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
Dosis Radiasi	-868,28	12	0,00	-19,23	-19,27	-19,18

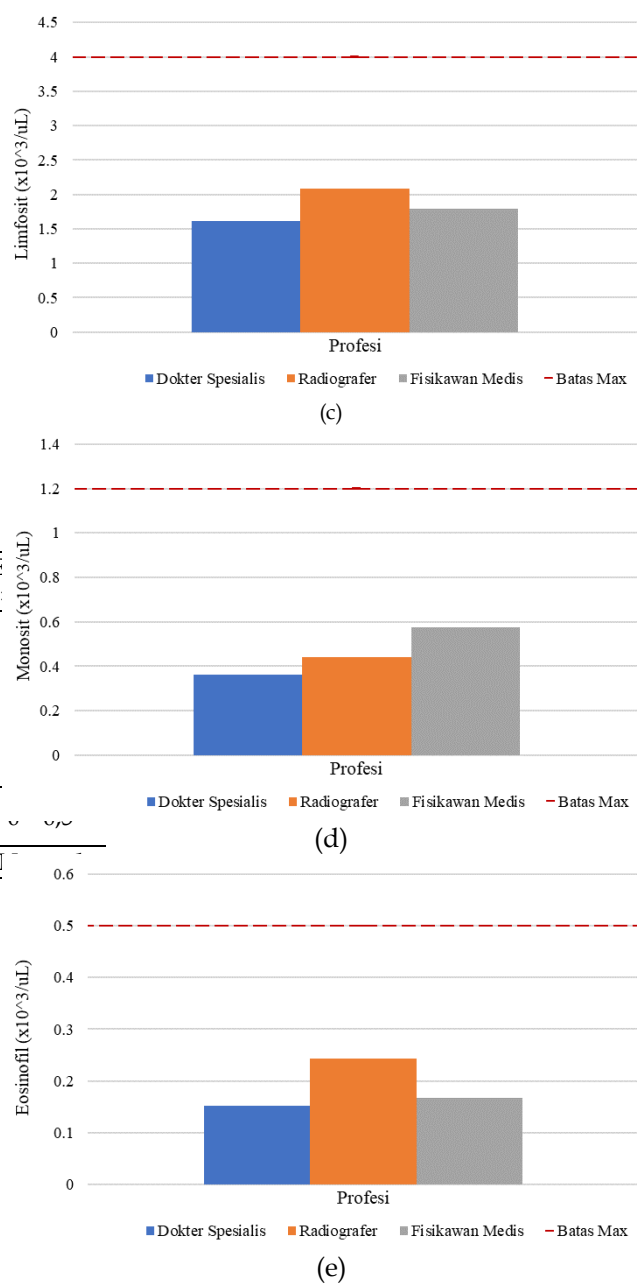
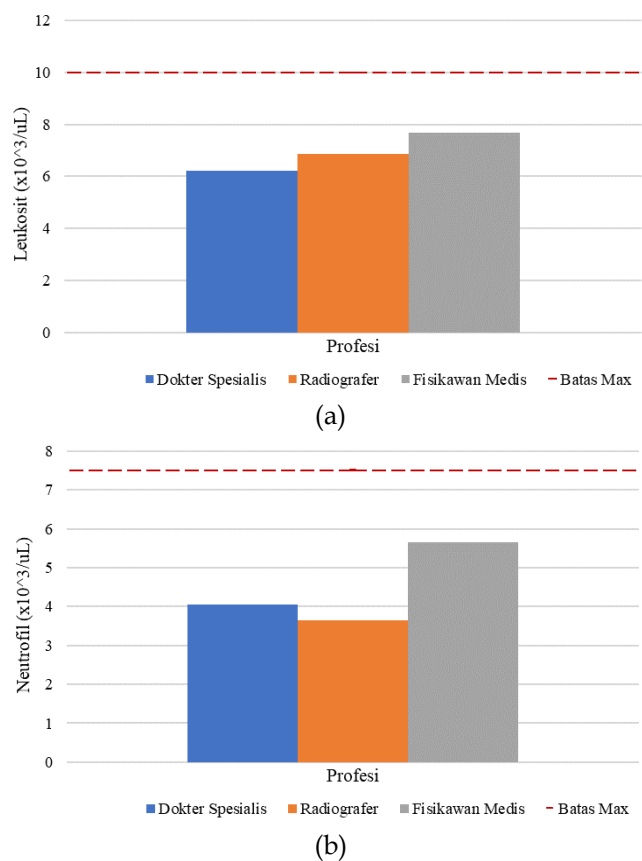
Dari Tabel 3 didapatkan nilai t_{hitung} sebesar -869,24 yang kemudian dibandingkan dengan nilai t_{tabel} . Nilai t_{tabel} didapatkan dengan $d_f = n - 1 = 13 - 1 = 12$ pada taraf signifikansi 0,05, sehingga didapatkan nilai t_{tabel} yang didapat sebesar 1,782.

Selanjutnya, untuk dosimeter biologis diperoleh dari laporan hasil tes darah lengkap pekerja radiasi yang dilakukan oleh RSUD Sanjiwani Gianyar selama lima tahun (2019-2023). Data yang diperoleh dihitung untuk mendapatkan nilai rata-rata tiap profesi pada sel darah putih (leukosit), dan komponen leukosit seperti neutrofil, limfosit, monosit, dan eosinofil, selama lima tahun. Nilai rata-rata masing-masing komponen sel darah putih untuk setiap profesi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata kadar leukosit pekerja berdasarkan profesi

Profesi	Leukosit ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Neutrofil ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Limfosit ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Monosit ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Eosinofil ($\times 10^3/\mu\text{L}$)
Dokter Spesialis Radiologi	6,223	4,042	1,608	0,363	0,153
Radiografer	6,867	3,636	2,081	0,441	0,245
Fisikawan Medis	7,664	5,644	1,786	0,576	0,171
Ref.Range ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	4 - 10	2,5 - 7,5	1 - 4	0,1 - 1,2	0,05 - 0,5
Keterangan	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

Nilai rata-rata kadar leukosit pekerja radiasi diatas juga ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik nilai rata-rata pekerja radiasi; (a) Leukosit, (b) Neutrofil, (c) Limfosit, (d) Monosit, (e) Eosinofil.

Untuk mengetahui apakah kadar sel darah putih yang dimiliki pekerja melebihi standar yang ditetapkan atau tidak, maka dilakukan uji-t satu arah dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji-t Satu arah kadar sel darah putih pekerja

No	Komponen	Hasil uji-t satu arah	
		t_{hitung}	t_{tabel}
1	Leukosit	-12,68	1,78
2	Neutrofil	-20,73	1,78
3	Limfosit	-14,74	1,78
4	Monosit	-30,34	1,78
5	Eosinofil	-4,53	1,78

Paparan radiasi dapat menimbulkan efek stokastik seperti kanker dan efek deterministik berupa

kerusakan jaringan jika dosis melebihi ambang batas (Dasril & Sari, 2020). Untuk mengurangi risiko ini, pekerja radiasi wajib mematuhi prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) melalui optimalisasi perlindungan. Langkah utama mencakup pemantauan dosis dengan dosimeter fisik seperti TLD secara berkala dan pemeriksaan darah rutin untuk mendeteksi perubahan kesehatan, seperti kelainan sel darah putih terkait risiko leukemia (Pertiwi, dkk., 2021).

Pengukuran dosis radiasi menggunakan TLD pada Gambar 2 menunjukkan nilai kuartil ke-3 tertinggi pada dokter spesialis radiologi (0,921 mSv), diikuti fisikawan medis (0,905 mSv) dan radiografer (0,894 mSv). Variasi ini dipengaruhi oleh peran kerja, tingkat paparan radiasi, dan jumlah sampel, di mana profesi dengan sampel kecil lebih rentan terhadap outlier. Dokter spesialis radiologi sering terpapar radiasi langsung selama prosedur intervensi atau pencitraan medis, meskipun menggunakan perlindungan seperti apron timbal. Radiografer memiliki paparan lebih rendah karena bekerja di ruang kontrol yang terlindungi, kecuali saat mempersiapkan prosedur. Fisikawan medis terpapar saat melakukan tugas teknis tanpa perlindungan ruangan, tetapi frekuensinya lebih rendah dibandingkan dokter, sehingga dosis yang diterima berada di antara kedua profesi lainnya.

Hasil uji statistik uji-t satu arah pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ sehingga dosis yang diterima pekerja radiasi masih berada dalam batas aman yaitu sesuai ketentuan Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2013 bahwa dosis yang diterima tidak melebihi 20 mSv/5 tahun.

Pengukuran kadar sel darah putih menunjukkan bahwa nilai rata-rata leukosit total dan komponennya (neutrofil, limfosit, monosit, eosinofil) pada semua profesi masih berada dalam rentang normal. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5 dimana seluruh profesi pekerja radiasi, yaitu dokter spesialis radiologi, radiografer, dan fisikawan medis, memiliki kadar leukosit yang berada dalam rentang normal ($4-10 \times 10^3/\mu\text{L}$). Kadar neutrofil juga menunjukkan nilai normal ($2,5-7,5 \times 10^3/\mu\text{L}$) pada semua profesi, dengan fisikawan medis memiliki rata-rata tertinggi sebesar $5,644 \times 10^3/\mu\text{L}$ dibandingkan profesi lainnya. Untuk kadar limfosit, seluruh pekerja radiologi berada dalam kisaran normal ($1-4 \times 10^3/\mu\text{L}$), dengan radiografer memiliki kadar rata-rata tertinggi sebesar $2,081 \times 10^3/\mu\text{L}$. Sementara itu, kadar monosit pekerja radiasi juga berada dalam rentang normal ($0,1-1,2 \times 10^3/\mu\text{L}$), di mana fisikawan medis memiliki kadar tertinggi di antara ketiga profesi tersebut. Kadar eosinofil pekerja radiasi pun berada dalam kisaran normal ($0-0,5 \times 10^3/\mu\text{L}$), meskipun kadar rata-rata tertinggi dimiliki oleh radiografer sebesar $0,243 \times 10^3/\mu\text{L}$.

Perbedaan kadar leukosit antara fisikawan medis dan radiografer dipengaruhi oleh kombinasi paparan radiasi yang berbeda serta kondisi kesehatan masing-masing individu. Meskipun hasil statistik menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan dalam kadar leukosit antara pekerja, faktor lain seperti stres dan kesehatan umum tetap memainkan peran penting dalam variabilitas ini (Giyartika & Keman, 2020). Hasil uji-t satu arah masing-masing komponen sel darah putih secara keseluruhan menunjukkan bahwa nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ yang ditunjukkan pada Tabel 5, sehingga kadar sel darah putih yang dimiliki pekerja masih dalam batas normal dengan *range* acuan yang digunakan berdasar pada hasil tes darah RSUD Sanjiwani Gianyar.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi di RSUD Sanjiwani berada dalam batas aman sesuai ketentuan PERKA BAPETEN No. 4 Tahun 2020. Meskipun terdapat perbedaan kecil pada kadar neutrofil antar profesi, secara umum kadar leukosit total dan komponennya tetap berada dalam rentang normal. Hal ini mencerminkan bahwa langkah-langkah perlindungan yang diterapkan di lingkungan kerja cukup efektif dalam meminimalkan dampak negatif paparan radiasi terhadap kesehatan pekerja. Namun, pemantauan berkala melalui dosimeter dan pemeriksaan darah tetap diperlukan untuk memastikan keselamatan dan kesehatan jangka panjang pekerja radiasi.

Kesimpulan

Dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi di RSUD Sanjiwani bervariasi tergantung profesinya, dengan dokter spesialis radiologi menerima dosis tertinggi (0,921 mSv), diikuti fisikawan medis (0,905 mSv) dan radiografer (0,894 mSv), yang dipengaruhi oleh perbedaan tingkat paparan pada masing-masing profesi. Meskipun terdapat perbedaan dosis, kuantitas sel darah putih pekerja radiasi tetap berada dalam rentang normal, yang menunjukkan bahwa paparan radiasi tidak berdampak signifikan pada kesehatan biologis mereka. Selain itu, dosis radiasi yang diterima pekerja jauh di bawah batas maksimum yang diatur, yang memastikan bahwa paparan radiasi tersebut aman dan tidak menyebabkan dampak kesehatan jangka pendek.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Instalasi Radiologi RSUD Sanjiwani Gianyar atas izin dan dukungan selama penelitian ini, serta Program Studi Fisika Universitas Udayana atas bimbingan dan fasilitas yang diberikan. Bantuan yang diberikan sangat berarti bagi penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aryawijayanti, R., Susilo, dan Sutikno. (2015). Analisis Dampak Radiasi Sinar-X Pada Mencit Melalui Pemetaan Dosis Radiasi Di Laboratorium Fisika Medik. *Jurnal MIPA*, 38(1), 25-30. doi:<https://doi.org/10.15294/ijmns.v38i1.5483>
- BAPETEN. (2013). *Perka BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013 Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir*. Jakarta: BAPETEN.
- Darmawati, Safitri, A., Nurrahmi, S., Supu, I., dan Mediji, I. U. (2022). Pemantauan Dosis Perorangan Pekerja Radiasi. *Journal of Physics and Applied*, 1(1), 34-38. Retrieved from <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/>
- Dasril, D. N., dan Sari, O. P. (2020). Pengukuran Dosis Eksternal yang Diterima oleh Mahasiswa Praktikum Teknik Radiografi di Laboratorium Radiologi Universitas Baiturrahmah Padang. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 8(01), 35-42. Retrieved from <https://jtaf.fmipa.unila.ac.id/index.php/jtaf/article/view/234>
- Giyartika, F., dan Keman, S. (2020). Perbedaan Peningkatan Leukosit pada Radiografer di Rumah Sakit Islam Jemursari Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 12(2), 97-106. doi:10.20473/jkl.v12i2.2020.97-106
- Hanifatunnisa, R., Aliah, H., dan Sofya, H. (2018). Perbandingan Sensitivitas TLD-100H (LiF: Mg, Cu, P) dan OSLD NanoDot (Al₂O₃:C) dalam Aplikasi Medis Pemantauan Dosis Rendah. *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir* (pp. 512-517). Yogyakarta: Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR-BATAN).
- Hamzah, A., Arifin, A., Wahyuni, E. G., dan Mulyati, S. (2017). *Statistika dan Probabilitas untuk Teknik Informatika. Buku Ajar*. Program Studi Teknik Informatika: Universitas Islam Indonesia.
- Muhamad, B., Hidayanto, E., dan Richardina, V. (2018). Analisis Pengaruh Dosis Radiasi Eksternal Akumulasi Dosis yang Diterima Petugas Radiasi di Ruang Penyinaran Raidoterapi RSUP dr. Hasan Sadikin Bandung. *Youngster Physics Journal*, 7(2), 108-116. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/bfd/article/view/20880>
- Nugraheni, F., Anisah, F., dan Susetyo, G. A. (2022). Analisis Efek Radiasi Sinar-X pada Tubuh Manusia. *Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya* (pp. 19-25). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Pertiwi, I., Pratiwi, A. D., dan Yunawati, I. (2021). Analisis Paparan Radiasi Terhadap Kadar Leukosit dan Hemoglobin di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Kota Kendari Tahun 2019. *Jurnal Kesehatan dan Keselamatan Kerja Universitas Halu Oleo*, 1(4), 163-171. doi:<https://dx.doi.org/10.37887/jk3-uho>
- Suryani, D. (2018). Analisis gelombang Elektromagnetik (Sinar-X) dalam Kesehatan Perspektif Al Qur'an dan Sains. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika FITK UNSIQ* (pp. 115-120). Wonosobo: Universitas Sains Al Qur'an Jawa Tengah.