



Perbandingan Kinerja Dosimeter TLD dan OSL pada Pengukuran Dosis di Radiologi Diagnostik

Muhammad Ridho^{1,*}, Retno Nur Okta Viana¹, Natalia Pata'dungan¹, Erlinda Ratnasari Putri¹

¹Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mulawarman
Jl. Barong Tongkok No. 4, Samarinda 70123, Kalimantan Timur, Indonesia

*E-mail korespondensi: muhmrrddo@gmail.com

Article Info:

Received: 9-12-2024

Revised: 17-12-2024

Accepted: 20-12-2024

Keywords:

OSL, TLD, Radiologi Diagnostik.



Abstract

Radiation dose measurement is crucial for ensuring the safety and optimization of radiology practices. Dose measurement in diagnostic radiology involves a systematic process aimed at accurately quantifying the radiation doses used during radiological procedures, ensuring compliance with safety guidelines. This study aims to evaluate and compare the performance of Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimeters and Thermoluminescent Dosimeters (TLD) in measuring radiation doses during diagnostic radiology procedures. The study utilized a polymethyl methacrylate (PMMA) phantom to simulate the human body. Both Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimeters and Thermoluminescent Dosimeters (TLD) were employed to measure radiation doses under clinical exposure conditions. The data collected from both dosimeter types were compared to assess their accuracy, efficiency, and effectiveness in different radiological settings. The results show that Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimeters offer higher sensitivity and faster reading times compared to Thermoluminescent Dosimeters (TLD). Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimeters also demonstrate a higher level of precision, which is crucial for optimizing radiological procedures. While Thermoluminescent Dosimeters (TLD) still provide reliable results, they require more preparation time and a longer reading process. Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimeters are superior to Thermoluminescent Dosimeters (TLD) in terms of efficiency, sensitivity, and speed, making them a preferred choice for radiation dose measurement in diagnostic radiology and contributing to safer and more accurate radiology practices.

PENDAHULUAN

Radiologi diagnostik, seperti CT-Scan, Mammografi, Sinar-X, dan fluoroskopi, merupakan alat penting dalam diagnosis medis yang menggunakan radiasi ionisasi. Alat-alat ini membantu mendapatkan gambaran tubuh secara cepat dan akurat., tetapi penggunaan radiasi ionisasi memiliki risiko terhadap pasien dan tenaga medis. Pemantauan dosis radiasi ini menjadi hal yang sangat penting untuk memastikan paparan radiasi tetap dalam batas aman. Thermoluminescent Dosimeter (TLD) dan Optically Stimulated Luminescence (OSL) adalah dua teknologi yang banyak digunakan untuk mengukur dosis radiasi, khususnya pada dosis rendah, dengan sensitivitas dan akurasi yang tinggi. Meskipun telah banyak digunakan, perbandingan kinerja dan aplikasinya dalam lingkungan radiologi diagnostik masih perlu dikaji lebih lanjut untuk memahami kelebihan dan kekurangan masing-masing teknologi.

Kinerja TLD dan OSL dalam berbagai aplikasi medis, seperti pengukuran *Entrance Surface Dose*, distribusi dosis organ, dan paparan radiasi hambur, tetap menjadi isu yang relevan. Selain itu, faktor seperti respon terhadap variasi energi, akurasi pada dosis rendah, dan kebisingan dalam lingkungan dengan gradien dosis tinggi juga menjadi fokus penelitian. Penggunaan phantom dalam validasi perangkat ini juga telah menjadi standar untuk memastikan hasil yang aman dan dapat diandalkan sebelum digunakan pada pasien atau tenaga medis. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan sensitivitas dan keakuratan TLD dan OSL dalam berbagai kondisi radiasi medis. Secara khusus, studi literatur ini menyiapkan respons dosimeter terhadap radiasi gamma dan sinar-X, menganalisis kinerja perangkat dalam memvalidasi hasil pengukuran. Vinanda dkk. [1], telah melakukan penelitian serupa yaitu membandingkan tangkapan dosis radiasi yang diterima oleh pasien thorax anak menggunakan OSLD nanoDots, TLD-100, dan TLD-100H. Penelitian tersebut bertujuan untuk membandingkan respon dosis radiasi OSLD nanoDots, TLD-100, dan TLD-100 terhadap sinar-X dan mengetahui dosimeter yang lebih sensitif terhadap pemeriksaan dosis radiasi rendah.

TLD

TLD (*Thermoluminescent Dosimeter*) adalah alat pengukur dosis radiasi yang bekerja dengan cara menyimpan energi radiasi yang diterima dalam bentuk cahaya yang dipancarkan ketika dipanaskan [2]. TLD mampu mengukur besaran dosis ekuivalen seluruh tubuh atau dosis yang diterima di kedalaman 10 mm dari permukaan tubuh dan dosis ekuivalen kulit atau dosis yang diterima di kedalaman 7 mm dari permukaan tubuh.

TLD terbagi menjadi berbagai macam, salah satunya adalah TLD-100 yang mana TLD-100 digunakan sebagai detektor radiasi dalam penelitian Fanis, dkk. [3], yang berfungsi untuk mengukur dosis radiasi yang diterima oleh tubuh pasien. *Holder* TLD mata digunakan untuk menempatkan *chip* TLD-100 di posisi yang tepat pada tubuh pasien, khususnya di dekat mata, dengan menggunakan ikat kepala agar *chip* tetap stabil selama pemeriksaan. TLD-100 adalah jenis dosimeter termoluminisensi yang menyimpan energi radiasi dalam bentuk cahaya yang dipancarkan ketika dipanaskan.

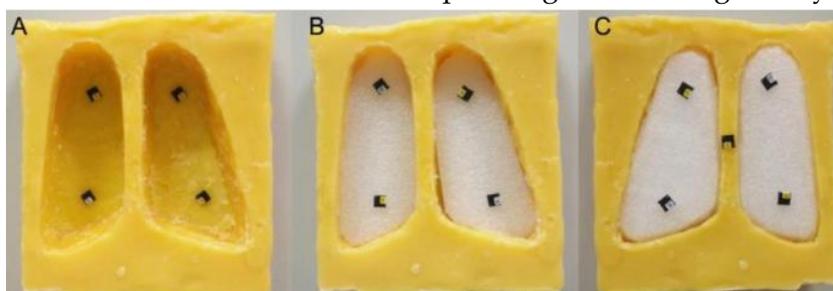


Gambar 1. TLD *chip*, *holder* 'eye-D' TLD lensa mata, dan *holder* TLD cincin [1]

TLD digunakan untuk mengukur dosis radiasi dalam berbagai aplikasi, termasuk medis, industri dan penelitian juga untuk merekam dan mengukur jumlah radiasi yang diterima, dengan cara memancarkan cahaya ketika dipanaskan [4]. Dosimeter ini dapat mengukur dosis radiasi yang diterima dengan akurasi tinggi [5], [6]. Alat ini ideal untuk dosimeter titik dalam fisika medis [7] yang banyak digunakan untuk mengukur dosis radiasi yang diterima dalam pemeriksaan medis seperti rontgen, CT-scan, dan fluoroskopi [8], [9].

OSL

OSL (*Optically Stimulated Luminescence*) adalah teknologi yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi dengan cara memanfaatkan cahaya yang dipancarkan dari bahan yang terpapar radiasi. OSLD (*Optically Stimulated Luminescence Dosimeter*) adalah alat yang menggunakan teknologi OSL untuk mengukur dosis radiasi, yang berisi *chip* OSL, salah satunya adalah nanoDot OSLD, yang berbentuk kecil dan mampu memperoleh Hp(0,07) [10]. OSLD memiliki keunggulan karena dapat digunakan dalam berbagai bentuk geometri, memiliki akurasi tinggi dalam mendeteksi foton, dan mampu mengukur rentang dosis yang luas [11].



Gambar 2. OSLD nanoDot yang ditempatkan di paru-paru dengan kedalaman yang berbeda. : (a) di dasar, (b) di tengah, dan (c) di puncak [12].

Dalam penelitian Jamal, dkk. [12], nanoDot OSLD yang digunakan memiliki densitas $1,03 \text{ g/cm}^3$ dan terdiri dari cakram aluminium oksida dengan karbon berdiameter 5,0 mm. NanoDot OSLD terbuat dari kristal aluminium oksida yang didoping karbon ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$) dan berbentuk cakram plastik berdiameter 7 mm dengan ketebalan 0,3 mm yang ditempatkan dalam wadah plastik bercahaya berukuran $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ [13], [14]. NanoDot OSLD bekerja berdasarkan prinsip stimulasi optik, di mana cahaya digunakan untuk memunculkan sinyal luminesensi yang menunjukkan dosis radiasi yang telah diterima dosimeter [15].

METODE

Penelitian ini didasari pada studi literatur artikel sebanyak 15. Studi literatur dilakukan selama 2 bulan, dimulai dari mencari 15 artikel dibatasi pada pembahasan atau topik penelitian terkait Kinerja Dosimeter TLD dan OSL pada Pengukuran Dosis di Radiologi Diagnostik yang diambil dari tahun 2020 hingga 2024 dengan topik pembahasan utama penggunaan dosimeter TLD/OSL pada pengukuran dosis, lalu *review* setiap jurnal tersebut dan menganalisis dosimeter dan metode apa yang digunakan, serta hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut, setelahnya dilakukan revisi dan perbaikan mingguan perihal isi dan format dari artikel ini hingga isi dan formatnya sesuai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Penggunaan Dosimeter TLD dalam Pengukuran Dosis pada Berbagai Modalitas

Author	Dosimeter	Metode	Hasil
Vinanda, dkk (2021) [1].	TLD-100 dan TLD-100H	TLD-100 dan TLD-100H ditempel di dada 19 pasien dan pengujian sensitivitas ini dilakukan dengan cara menyinari dosimeter dengan radiasi sebesar 1 mSv dari kalibrator OB-85.	Hasil menunjukkan pada salah satu pasien pada TLD-100 sebesar 0,083 mGy dan pada TLD-100H sebesar 0,023 mGy.

Hiswara, dkk (2022) [2].	TLD <i>chip</i>	Dosis lensa mata diukur dengan TLD <i>chip</i> yang ditempatkan di dalam holder khusus <i>Eye-D</i> yang dipasang sedekat mungkin dengan mata.	Dosis lensa mata tertinggi sebesar 0,0585 mSv (atau 58,5 μ Sv) dan 0,0647 mSv (atau 64,7 μ Sv).
Fanis, dkk (2021) [3].	TLD-100	TLD-100 dipasang pada <i>holder</i> di dekat mata menggunakan ikat kepala, lalu pasien menerima penyinaran radiasi untuk pemeriksaan <i>brain scanning</i> .	Dosis radiasi yang diterima cukup bervariasi dari 27,90 mGy sampai 47,55 mGy.
Panahi, dkk (2021) [4].	TLD (GR200)	Tiga <i>chip</i> TLD yang dibungkus dengan plastik nilon dipasang secara segitiga di pusat radiasi pada kulit pasien.	Rentang ESD pada pemeriksaan <i>Chest PA</i> , <i>Chest LAT</i> , <i>Skull PA</i> , dan <i>Skull LAT</i> masing-masing adalah 0,1075–0,8844 mGy, 0,2059–2,2997 mGy, 0,0729–1,44 mGy, dan 0,03478–1,15 mGy.
Ramli, dkk (2020) [5].	TLD	Setiap tiga <i>chip</i> TLD dikelompokkan dan dimasukkan ke dalam kapsul gelatin.	Pada 60 kVp, dosis yang diterima 0,955 mGy. Pada 80 kVp, dosis yang diterima 0,990 mGy. Pada 100 kVp, dosis yang diterima 1,064 mGy. Sementara pada 150 kVp, dosis yang diterima 0,957 mGy.
Belhaj, dkk (2022) [6].	TLD	TLD ditempatkan dalam pemegang untuk melindungi kristal TL dari kerusakan dan kontaminasi.	Pada energi foton 12 keV hingga 33 keV, respons energi relatif 0,67 hingga 2,00. Pada energi foton 33 keV hingga 65 keV, respons energi relatif 0,69 hingga 1,82. Sementara itu, pada energi foton lebih dari 65 keV, respons energi relatif 0,71 hingga 1,67.
Kry, dkk (2020) [7].	TLD	Dosimeter TLD diuji untuk aplikasi klinis dengan sinar-X dan gamma, menggunakan metode kalibrasi <i>batch</i> untuk koreksi respons.	Pada akurasi tinggi TLD menunjukkan energi dengan total (1-sigma) sebesar 2,3 dan total (2-sigma) sebesar 4,7.

Omojola, dkk (2022) [8].	TLD	Chip TLD yang telah dikapsul dipasang pada kulit di sumbu tengah sinar untuk setiap bayi.	Rata-rata ESD untuk bayi adalah $0,67 \pm 0,08$ mGy, dan presentil ke-75 ESD-nya adalah 0,74 mGy.
Samsun, dkk (2023) [9].	TLD	Dosis radiasi diukur dengan menempatkan detektor TLD di berbagai lokasi, termasuk di dekat sumber radiasi dan di area sekitar pasien menggunakan teknologi fluoroskopi.	Dosis efektif yang diterima pada ruangan berkisar antara 1,136 hingga 3,608 mSv, sementara perawat menerima dosis antara 0,194 mSv hingga 2,270 mSv, dan radiografer menerima dosis antara 0,074 mSv hingga 0,126 mSv.

Tabel 2. Penggunaan Dosimeter OSL dalam Pengukuran Dosis pada Berbagai Modalitas

Author	Dosimeter	Metode	Hasil
Vinanda, dkk (2021) [1].	OSLD nanoDots	OSLD nanoDots ditempel di dada 19 pasien dan pengujian sensitivitas ini dilakukan dengan cara menyinari dosimeter dengan radiasi sebesar 1 mSv dari kalibrator OB-85.	Hasil menunjukkan pada salah satu pasien pada OSLD nanoDots sebesar 0,013 mGy.
Ramli, dkk (2020) [5].	OSLD nanoDot	OSLD nanoDot dengan diameter 4 mm dibungkus dalam wadah kedap cahaya.	Pada 60 kVp, dosis yang diterima 0,955 mGy. Pada 80 kVp, dosis yang diterima 0,990 mGy. Pada 100 kVp, dosis yang diterima 1,064 mGy. Sementara pada 150 kVp, dosis yang diterima 0,957 mGy.
Belhaj, dkk (2022) [6].	OSL	OSL dimasukkan ke dalam pelat dengan filter energi untuk mengatur foton yang diterima.	Pada energi foton 12 keV hingga 33 keV, respons energi relatif 0,67 hingga 2,00. Pada energi foton 33 keV hingga 65 keV, respons energi relatif 0,69 hingga 1,82. Sementara itu, pada energi foton lebih dari 65 keV, respons

Kry, dkk (2020) [7].	OSL	Dosimeter OSL diuji untuk aplikasi klinis dengan sinar-X dan gamma, menggunakan metode kalibrasi <i>batch</i> untuk koreksi respons.	energi relatif 0,71 hingga 1,67. Pada akurasi tinggi OSL menunjukkan energi dengan total (1-sigma) sebesar 1,6 dan total (2-sigma) sebesar 3,2.
Samsun, dkk (2023) [9].	OSLD	Dosis radiasi diukur dengan menempatkan detektor OSLD di berbagai lokasi, termasuk di dekat sumber radiasi dan di area sekitar pasien menggunakan teknologi fluoroskopi.	Dosis efektif yang diterima pada ruangan berkisar antara 1,136 hingga 3,608 mSv, sementara perawat menerima dosis antara 0,194 mSv hingga 2,270 mSv, dan radiografer menerima dosis antara 0,074 mSv hingga 0,126 mSv.
Miyaji, dkk (2022) [10].	OSLD nanoDot	Pengukuran dan analisis hasil dari nanoDot ditempatkan di mata, leher, dada, dan perut dari RANDO <i>phantom</i> yang setara dengan jaringan pria dewasa.	Rata-rata \pm simpangan baku dari nanoDot adalah $1,80 \pm 0,03$, dengan koefisien variasi yang paling stabil sebesar 1,52%.
Akan, dkk (2020) [11].	OSL	Selama enam bulan, radiografer menggunakan dua dosimeter OSL pribadi (pada kerah dan sabuk) saat bekerja.	Dosis yang diterima pada kulit sebesar $138 \mu\text{Gym}^2$ dan pada badan sebesar 5 mGy saat detik ke 2. Saat detik ke 3, pada kulit sebesar $150 \mu\text{Gym}^2$ dan pada badan sebesar 7 mGy. Saat detik ke 4, pada kulit sebesar 178 μGym^2 dan pada badan sebesar 8 mGy.
Jamal, dkk (2020) [12].	OSLD	Setelah penyinaran, nanoDot OSLD dipindai dan dimasukkan ke dalam pembaca <i>microStar</i> .	Nilai yang diukur pada jantung adalah 0,474 mGy pada 50 kVp, dan 0,603 mGy pada kVp tertinggi, yaitu 60 kVp.
Saidin, dkk (2021) [13].	OSLD	OSLD dengan diameter 7 mm yang terdiri dari <i>disk</i>	Dari pengukuran menggunakan

		plastik setebal 0,3 mm ditempatkan dalam wadah plastik dan diukur nilai ESDnya menggunakan pembaca <i>InLight microStar</i> .	OSLD, nilai ESD dihitung berada dalam rentang 0,027–0,353 mGy untuk HC1, 0,037–0,391 mGy untuk HC2, 0,033–0,415 mGy untuk HC3, dan 0,029–0,313 mGy untuk HC4.
Ernando, dkk (2022) [14].	OSLD nanoDot	OSLD dibaca menggunakan <i>microstar reader</i> dengan cara memindai <i>scan barcode</i> yang ada pada OSLD. Proses pembacaan setiap OSLD oleh <i>detector</i> hanya memerlukan waktu 0,03 detik.	Dengan 63 kVp dan 5,6 mAs diperoleh dosis efektif maksimum sebesar 0,545 mGy sedangkan pasien yang diberikan tegangan yang tinggi dan waktu paparan yang rendah memperoleh dosis serap sebesar 0,001 mGy.
Sayed, dkk (2023) [15].	OSLD nanoDot	OSLD diletakkan pada bagian dada <i>phantom</i> dan dibaca menggunakan <i>microstar reader</i> untuk mengukur ESD.	Nilai ESD tertinggi adalah 2,59 mGy pada 81 kVp. Nilai ESD akan meningkat seiring dengan nilai kVp dan mAsnya.

Dalam penelitian Panahi, dkk. [4], mereka menyelidiki dosis radiasi pada pemeriksaan radiografi dada dan tengkorak dengan dosimeter TLD di tiga rumah sakit umum di Khorramabad. Hasilnya menunjukkan bahwa semua nilai rata-rata ESD dalam penelitian ini lebih rendah dari dosis referensi diagnostik untuk pemeriksaan radiografi, yang sebanding dengan DRL yang direkomendasikan oleh NRPB, IAEA, dan CEC (9-11, 20). Di sisi lain, mereka mengamati bahwa nilai rata-rata ESD pada pemeriksaan dada hampir sama dengan studi lain di Iran; namun, nilai rata-ratanya lebih tinggi dibandingkan dengan studi dari negara lain. Salah satu alasan kemungkinan tingginya nilai rata-rata ESD pada pemeriksaan dada di mana sebagian besar teknisi radiologi menggunakan jarak sumber radiasinya kurang dari 180 cm.

Dalam penelitian Akan, dkk. [5], dosis radiasi yang diterima oleh dokter dan teknolog radiologi selama prosedur angiografi dan intervensi diukur menggunakan dosimeter OSL (*Optically Stimulated Luminescence*), khususnya nanoDot OS LD, yang memberikan pengukuran dosis yang akurat dan sensitif pada tubuh, kulit, dan ekstremitas. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dosis yang diterima oleh tenaga medis berada di bawah batas yang diperbolehkan, dengan dosis tahunan maksimum yang tercatat masih jauh di bawah batas keselamatan yang ditetapkan. Penggunaan OSL sebagai dosimeter memungkinkan pengukuran dosis radiasi yang lebih tepat, serta memberikan informasi yang berguna untuk menilai efektivitas langkah-langkah perlindungan radiasi yang diterapkan. Oleh karena itu, pemilihan

pengaturan yang tepat selama prosedur, yang diukur menggunakan dosimeter OSL, sangat penting untuk meminimalkan risiko paparan radiasi.

Dari *review* jurnal ini bisa memberikan judul penelitian baru yaitu "Optimasi Penggunaan Dosimeter TLD dan OSL untuk Evaluasi Dosis Radiasi pada Prosedur Radiologi Diagnostik." Karena kedua dosimeter ini diuji dalam kondisi yang melibatkan dosis rendah dan tinggi, serta divalidasi melalui penggunaan berbagai modalitas untuk memastikan akurasi pengukuran dosis. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan dalam memilih dosimeter yang optimal sesuai dengan kondisi radiasi yang dihadapi di lingkungan medis, serta memberikan wawasan tentang respon masing-masing dosimeter terhadap variasi masing-masing sumber radiasi dan faktor-faktor klinis yang mempengaruhi dosis yang diterima oleh pasien dan tenaga medis.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari *review* jurnal ini menunjukkan bahwa evaluasi dan perbandingan antara TLD dan OSL dalam pengukuran dosis radiasi pada phantom sangat penting untuk memahami akurasi dan efisiensi kedua teknologi TLD dan OSL yang memiliki kelebihan masing-masing dalam ukuran paparan radiasi, di mana TLD dikenal dengan sensitivitas dan kestabilannya dalam pengukuran dosis yang tinggi, sedangkan OSL menawarkan kecepatan pembacaan dan kemampuan pengukuran yang akurat pada dosis yang rendah. sehingga dapat meningkatkan pengukuran dosis radiasi pada berbagai jenis pencitraan medis. Sebagai contoh, TLD-100H dan OSLD NanoDot memiliki sensitivitas dan keakuratan yang bervariasi tergantung pada kondisi radiasi medis. TLD-100H umumnya lebih unggul dalam pengukuran dosis gamma, sementara OSLD NanoDot menunjukkan performa yang baik pada dosis rendah dan dalam aplikasi dengan sinar-X.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada Ibu Erlinda Ratnasari Putri, S.Si, M.Si sebagai dosen pengampu mata kuliah ini, atas bimbingan dan arahan yang sangat berarti dalam memahami materi Radiologi & Dosimetri. Terakhir, rasa terima kasih kami tujukan kepada teman-teman seperjuangan yang telah bekerja sama dan saling mendukung dalam proses penyelesaian studi literatur ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. T. Vinanda, D. Milvita, dan H. Sofyan, "Perbandingan Tangkapan Dosis Radiasi OSLD nanoDots, TLD-100, dan TLD-100H pada Pemeriksaan Foto Thorax Pasien Anak," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 10, no. 2, pp. 137-141, 2021.
- [2] E. Hiswara, D. Kartikasari, N. Nuraeni, H. Sofyan, dan M. Sukri, "Dosis Radiasi Pekerja dan Pasien Pada Tindakan Intervensi Di RSUP Dr. M. Djamil, Padang," *Jurnal Kesehatan Andalas*, vol. 9, no. 1, pp. 39-47, 2022.
- [3] A. D. Fanis, D. Milvita, dan N. Nuraeni, "Estimasi Dosis Radiasi Pada Lensa Mata Menggunakan TLD-100 Terhadap Pasien Brain Scanning CT-Scan Merek Siemens Somatom Perspective," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 10, no. 1, pp. 83-89, 2022.
- [4] F. Panahi, M. Mohammadi, F. Naserpour, N. Hassanpour, dan M. Gholami, "Entrance dose determination and effective dose calculation in chest and skull radiographies:

- anexperimental and computational study," *International Journal of Radiation Research*, vol. 19, no. 4, pp. 899-906, 2021.
- [5] N. N. H. Ramli *et al.*, "Characterization of amorphous thermoluminescence dosimeters for patient dose measurement in X-ray diagnostic procedures," *Elsevier*, vol. 116, no. 101016, pp. 130-134, 2020.
- [6] O. E. Belhaj *et al.*, "Dose metrology: TLD/OSL dose accuracy and energy response performance," *Elsevier*, vol. 55, no. 2, pp. 717-724, 2023.
- [7] S. F. Kry *et al.*, "AAPM TG 191: Clinical use of luminescent dosimeters: TLDs and OSLDs," *American Association of Physicists in Medicine*, vol. 47, no. 2, pp. 19-51, 2020.
- [8] A. D. Omojola, M. O. Akpochafor, S. O. Adeneye, I. O. Akala, dan A. A. Agboje, "Chest X-rays of newborns in a medical facility: variation between the entrance skin dose measurements using the indirect and direct methods for clinical dose audit," *Japanese Journal of Radiology*, vol. 40, no. 2, pp. 219-225, 2022.
- [9] Samsun, E. P. Syarif, Sriyatun, G. Winarno, dan A. Sasongko, "Analysis of Scattered Radiation Dose In Cardiac Catheterization Examination In The CATHLAB Room Using TLD," *Asian Journal of Engineering*, vol. 2, no. 11 pp. 1531-1536, 2023.
- [10] N. Miyaji *et al.*, "Determination of a reliable assessment for occupational eye lens dose in nuclear medicine," *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol. 23, no. 8, pp. 1-10, 2022.
- [11] C. A. Akan, H. Gümüş, dan H. Akan, "Radiation exposure of patients and staff working in angiography and interventional radiology unit," *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, vol. 37, no. 1, pp. 1-4, 2020.
- [12] N. H. M. Jamal, I. S. Sayed, dan W. S. Syed, "Estimation of organ absorbed dose in pediatric chest X-ray examination: A phantom study," *Elsevier*, vol. 166, no. 108472, pp. 1-6, 2020.
- [13] M. T. Saidin *et al.*, "Dosimetric Assessment of Routine X-Ray Examination at Selected Health Clinics in Perak Using Commercialized Optically-Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD)," *Atom Indonesia*, vol. 47, no. 3, pp. 213-218, 2021.
- [14] R. A. Ernando, V. I. Giovanni, F. Ramadana, S. Oktamuliana, H. Sofyan, "Analisis Dosis Efektif Organ Paru Pasien Thoraks Menggunakan Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD)," *JoP*, vol. 7, no. 2, pp. 7-12, 2022.
- [15] I. S. Sayed, N. S. Roslan, dan W. S. Syed, "Entrance Skin Dose (ESD) and Bucky Table Induced Backscattered Dose (BTI-BSD) in Abdominal Radiography With nanoDot Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD)," *Cureus*, vol. 15, no. 2, pp. 1-11, 2023.