

## ANALISIS DOSIS EFEKTIF ORGAN PARU PASIEN THORAKS MENGUNAKAN *OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE DOSIMETER* (OSLD)

Rinnesa Apria Ernando<sup>1</sup>, Vanessa Illona Giovanni<sup>1</sup>, Fitra Ramadana<sup>1</sup>, Sri Oktamuliani<sup>1\*</sup>, Hasnel Sofyan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat. Indonesia.

<sup>2</sup>PRTKMMN ORTN-BRIN, Pasar Jum'at Lebak Bulus Jakarta Selatan.

\*e-mail: srioktamuliani@sci.unand.ac.id

### ABSTRAK

*Instalasi radiologi adalah penunjang pelayanan medik di rumah sakit yang memanfaatkan sinar-X untuk keperluan diagnosis terutama organ paru pada pasien thoraks. Paparan sinar-X dapat merusak jaringan dan sel, namun dalam paparan yang sesuai dengan prinsip as low as reasonably achievable (ALARA) dapat memberikan manfaat yang dapat membatasi pasien dari bahaya efek akibat pemakaian sumber radiasi pengion. Penelitian ini bertujuan menghitung dosis efektif pada organ paru yang diterima oleh pasien menggunakan dosimeter pasif berjenis optically stimulated luminescence dosimeter (OSLD) di salah satu rumah sakit di kota Padang. Pengambilan data dilakukan terhadap 20 pasien dewasa usia 20-50 tahun dengan mengukur massa dan tinggi pasien dan OSLD nanoDots dipasang pada area thoraks untuk menghitung dosis serap oleh pasien. Data demografi pasien menunjukkan bahwa terdapat 50% pasien yang memiliki indeks massa tubuh (IMT) normal, 15% pasien dengan IMT gemuk tingkat ringan, 30% IMT gemuk tingkat berat, dan 5% IMT kurus. Dosis yang terbaca pada OSLD nanoDots adalah dosis serap. Dosis efektif yang diterima oleh pasien dihitung dari besarnya dosis serap yang diterima pasien dikalikan dengan faktor bobot radiasi dan organ. Pasien dengan pemberian tegangan 58,5 kVp dan 6,30 mAs menerima dosis efektif tertinggi pada organ paru sebesar 0,027 mSv dan pasien dengan pemberian tegangan 125 kVp dan 1,33 mAs. Hal ini menunjukkan bahwa pasien dengan waktu papar lebih lama, akan menerima dosis yang lebih tinggi walaupun diberikan energi radiasi yang besar kepada pasien.*

Kata Kunci : Dosis efektif; kVp; mAs; OSLD nanoDots; Thorax

### ABSTRACT

**[Title: Effective Dose Analysis of Thorax Patients Using Optically Stimulated Luminescence Dosimeter (OSLD)]** *The radiology installation supports medical services in hospitals that use X-rays for diagnostic purposes, especially for the lungs in thoracic patients. X-ray exposure can damage tissue and cells, but following the principle of as low as reasonably achievable (ALARA) can provide benefits that can limit the patient from the harmful effects of using ionizing radiation sources. The study aims to calculate the effective dose to the lungs received by the patient using a passive optically stimulated luminescence dosimeter (OSLD) in one of Padang's hospitals. Data were collected on 20 adult patients aged 20-50 years by measuring the patient's mass and height, and OSLD nanoDots were placed in the thoracic area to calculate the absorbed dose by the patient. Patient demographic data showed that 50% of patients had an average body mass index (BMI), 15% of patients with a mild BMI of fat, 30% of a BMI of severe fat, and 5% of a lean BMI. The dose read on the OSLD nanoDots is the absorbed dose. The effective dose received by the patient is calculated from the absorbed dose received by the patient multiplied by the radiation and organ weight factor. Patients who were given a voltage of 58.5 kVp and 6.30 mAs received the highest effective dose to the lungs of 0.027 mSv and patients who were given a voltage of 125 kVp and 1.33 mAs. The results show that patients with longer exposure times will receive higher doses, even given a large amount of radiation energy.*

Keywords: Effective Dose; kVp; mAs; OSLD nanoDots; Thorax

### PENDAHULUAN

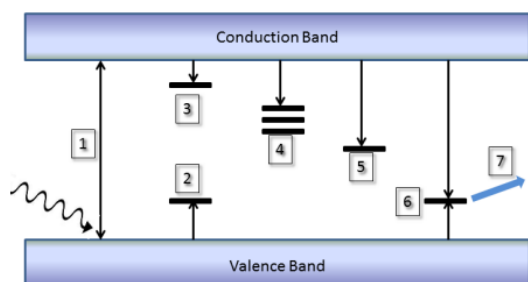
Radiasi merupakan pancaran energi melalui suatu ruang dalam bentuk panas, partikel atau gelombang elektromagnetik dari sumber radiasi. Pemanfaatan radiasi telah banyak berkembang dalam bidang kesehatan salah satunya yaitu bidang

radiodiagnostik (Akhadi, 2000). Unit pelayanan radiologi merupakan salah satu instalasi penunjang medik yang berhubungan dengan penerapan berbagai teknologi pencitraan dengan menggunakan sumber radiasi pengion. Sumber radiasi pengion mempunyai

daya tembus yang sangat besar sehingga mampu menembus bahan yang dilaluinya, salah satunya yaitu berasal dari pesawat sinar-X (Widayati dkk, 2013). Radiasi yang digunakan pada bidang radiodiagnostik ini merupakan sinar-X. Pemeriksaan radiologi *thorax* adalah salah satu pemeriksaan yang paling banyak dijumpai dalam semua pemeriksaan radiologi. Jamal dkk. (2020) melakukan penelitian estimasi dosis serap organ dalam pemeriksaan *rontgen* dada pada *phantom* menggunakan OSLD nanoDots. Hasil penelitian dengan penggunaan *phantom* dosis serap organ pada populasi anak usia dua tahun dapat diperkirakan. Perbedaan faktor paparan yang diberikan kepada pasien menghasilkan nilai dosis yang berbeda. Kenaikan tegangan tabung (kVp) meningkatkan dosis yang diserap pasien.

Dosimeter merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur dosis radiasi pengion (Hourdakis dan Nowotny, 2007). Dosimeter yang digunakan dalam aplikasi dosimetri medik dapat dibagi berdasarkan jenis stimulasi yang diberikan dalam proses pembacaan yaitu TLD dan OSLD. Sofyan dan kusumawa (2012) telah melakukan perbandingan respon dosimeter TLD-100 dan TLD-100H dengan dosis 5 mGy menggunakan pesawat sinar-X. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada dosis 5 mGy yang termasuk ke dalam dosis rendah, TLD-100H memiliki sensitivitas 23 kali lebih tinggi dari TLD-100. Hanifatunnisa dkk. (2018) melakukan perbandingan sensitivitas TLD-100H dan OSLD nanoDots dalam aplikasi medis pemantauan dosis rendah. Hasil penelitian menunjukkan sensitivitas OSLD nanoDots memiliki kestabilan respon dibandingkan dengan TLD-100H.

OSLD merupakan salah satu jenis dosimeter pasif yang digunakan untuk pemantauan dosis radiasi untuk perorangan maupun lingkungan. OSLD berbentuk zat padat terbuat dari bahan kristal alumanium oksida yang didoping karbon ( $Al_2O_3 :C$ ). Fenomena OSL pada proses kerja OSLD menggunakan prinsip model pita energi ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Proses OSL  
Sumber: (Pham, 2013)

Bahan Luminescence termasuk bahan isolator yang mempunyai model daerah energi terdiri atas daerah valensi, daerah perangkap, dan daerah konduksi. Fosfor akan menyerap energi radiasi pengion (1) yang datang sehingga terbentuk elektron-elektron bebas yang dapat meloncat dari pita valensi menuju pita konduksi (2). Kemudian dalam pita konduksi elektron-elektron bergerak bebas dan elektron-elektron tertangkap ke dalam perangkap elektron yang dangkal dimana tingkat energi dekat dengan pita konduksi, kedekatan ini memungkinkan untuk melompat kembali dari perangkap dangkal ke perangkap sedang setelah penyinaran (3). Elektron terperangkap pada perangkap elektron sedang (4), beberapa lapisan perangkap digambarkan karena ada spektrum cahaya yang secara optik dapat merangsang elektron keluar dari lapisan perangkap OSL, energi pada perangkap tidak terlalu dalam sehingga muatan energi tidak dapat dilepaskan dengan cahaya tampak. Kemudian (5), terjadi loncatan elektron yang terperangkap pada perangkap dalam yang posisinya jauh dari pita konduksi, sehingga (6) elektron terfotostimulasi artinya jika cahaya diberikan kepada fosfor maka elektron-elektron dan lubang akan melepaskan diri dari perangkap masing-masing dan selanjutnya akan berkombinasi di pusat luminesensi dan akan memancarkan cahaya biru terukur (7) (Pham, 2013).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, Peneliti melakukan studi mengenai dosis efektif organ paru yang diterima oleh pasien thoraks berdasarkan perbedaan kVp dan mAs yang diberikan selama penyinaran menggunakan OSLD nanoDots.

## METODE

Penelitian melibatkan 20 pasien dengan usia (20-50) tahun pada pemeriksaan foto *thorax* menggunakan OSLD nanoDots di Instalasi Radiologi di salah satu rumah sakit di Kota Padang. Pasien ditimbang massa dan diukur tinggi badannya untuk memperoleh IMT pasien dengan persamaan sebagai berikut:

$$IMT = \frac{\text{massa tubuh (kg)}}{\text{tinggi badan (m)}^2} \quad (1)$$

Batas ambang IMT untuk Indonesia ditentukan dengan merujuk Peraturan Kementerian Kesehatan RI, 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** IMT Indonesia

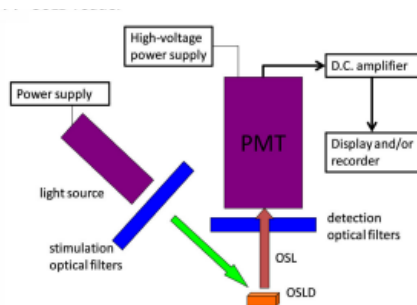
KATEGORI		IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,4
Normal		18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,1 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	> 27,0

OSLD nanoDots dari LAUNDAUER digunakan untuk menangkap radiasi sinar-X. OSLD nanoDots berbentuk chip yang memiliki ukuran (1×1×0,2) cm<sup>3</sup> dan memiliki kode batang 2D yang menyertakan sensitivitas informasi kode dan nomor seri yang bertujuan agar mudah mengidentifikasi OSLD saat pembacaan dosis (Gambar 2a). OSLD nanoDots dipasang pada *thorax* pasien (Gambar 2b), dan dicatat kVp serta mAs yang terdapat pada kontrol panel saat pasien disinari sinar-X.



**Gambar 2.** (a) OSLD nanoDots dan (b) pemasangan OSLD pada pasien

OSLD dibaca menggunakan *microstar reader* dengan cara memindai scan barcode yang ada pada OSLD. Proses pembacaan setiap OSLD oleh detector hanya memerlukan waktu 0,03 detik. Skema pembacaan OSL dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Skema Proses Pembacaan OSL (Sumber : Kry, 2020)

Pada Gambar 3 menunjukkan skema pembacaan *microstar reader*. Cahaya dipancarkan dari LED yang berguna untuk merangsang emisi cahaya dari dosimeter yang dikumpulkan oleh *photomultiplier tube* (PMT) melalui filter pandu cahaya untuk

menghilangkan cahaya stimulasi yang tidak diinginkan. Keluaran PMT setara dengan jumlah foton yang dihasilkan OLS sehingga nilai keluaran dari dosis serap juga sebanding dengan foton yang dihasilkan. Proses iluminasi terus menerus terjadi pada dosimeter OSLD dan ketika indikator LED pada *microstar* sudah mati hal ini menunjukkan data yang diperoleh dari pembacaan OSLD telah direkam. Data rekaman dosis serap OSLD dalam satuan mrad (Yukihara and McKeever, 2008). Dosis serap dikonversi ke dalam satuan miliGray (mGy) dan didefinisikan sebagai dosis radiasi yang diserap satu joule per kilogram.

Dosis efektif adalah hasil perkalian dosis serap terhadap faktor bobot radiasi dan faktor bobot jaringan/ organ, menggunakan persamaan 2.

$$H_E = W_T \cdot W_R \cdot D_{T,R} \quad (2)$$

$H_E$  adalah dosis efektif (Sv),  $W_T$  adalah faktor bobot organ atau jaringan (Sv),  $W_R$  adalah faktor bobot dari radiasi (untuk sinar-X bernilai satu) dan  $D_{T,R}$  adalah dosis serap organ atau jaringan dari radiasi (Gy). Berdasarkan tetapan *International Commission on Radiological Protection* (ICRP), faktor bobot radiasi sinar-X adalah satu dan faktor bobot masing – masing jaringan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Faktor bobot jaringan / organ tubuh

No	Jenis Jaringan / Organ	$W_T$
1	Gonad	0,20
2	Sumsum tulang merah	0,12
3	Usus besar	0,12
4	Paru-paru	0,12
5	Lambung	0,12
6	Bladder	0,05
7	Payudara	0,05
8	Hati	0,05
9	Oseophagus	0,05
10	Thyroid	0,05
11	Kulit	0,01
12	Permukaan tulang	0,01
13	Organ sisa	0,05

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Demografi Pasien

Rentang usia pasien 20 – 50 tahun digunakan dalam penelitian analisis dosis efektif pasien thoraks pada salah satu Instalasi Radiologi Rumah Sakit di kota Padang. Demografi pasien dalam dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Demografi pasien

Karakteristik	Nilai
<b>Jenis kelamin</b>	
Laki-laki	10
Perempuan	10

Rentang IMT (kg/m <sup>2</sup> ), jumlah (%)	
<17	1 (5,0)
18,5-25	10 (50,0)
25,1-27	3 (15,0)
>27	6 (30,0)

Data demografi pasien menunjukkan bahwa terdapat 50% pasien yang memiliki indeks massa tubuh (IMT) normal, 15% pasien dengan IMT gemuk tingkat ringan, 30% IMT gemuk tingkat berat, dan 5% IMT kurus yang digunakan pada penelitian ini.

### Dosis Radiasi Sinar-X yang Diterima Pasien

Dosis radiasi yang diterima oleh setiap pasien dapat dilihat pada Tabel 4.

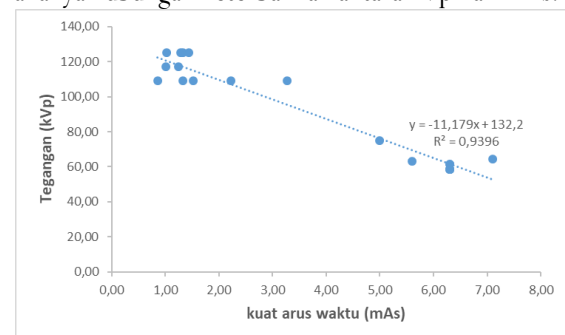
**Tabel 4.** Dosis radiasi yang diterima setiap pasien

Inisial Pasien	IMT	kVp	mAs	Dosis serap (mGy)
SA	11,42	109,00	0,86	0,016
AJ	19,05	63,00	5,60	0,545
R	19,95	109,00	1,52	0,026
YF	20,45	117,00	1,25	0,309
D	21,45	58,50	6,30	0,020
DW	22,28	117,00	1,01	0,010
HY	22,58	75,00	5,0	0,200
R	22,83	61,50	6,30	0,039
RS	23,80	125,00	1,44	0,040
HT	24,09	125,00	1,03	0,040
FA	24,24	58,50	6,30	0,276
DA	25,78	109,00	1,33	0,061
ES	26,06	109,00	3,27	0,053
F	26,12	58,50	6,30	0,030
S	28,72	125,00	1,33	0,001
WB	29,07	58,50	6,30	0,225
YA	29,69	125,00	1,29	0,022
ES	30,42	109,00	2,22	0,008
RW	34,95	61,50	6,30	0,055
LS	46,49	64,50	7,10	0,010
min	11,42	58,50	0,86	0,001
maks	46,49	125,00	7,10	0,545
Rerata	25,47	91,93	3,53	0,099
Deviasi	7,04	28,36	2,50	0,141

Dari data penyinaran radiasi sinar-X pada pasien (Tabel 4), diketahui bahwa penyinaran sinar-X pada pasien tidak mempertimbangkan IMT pasien. Hal ini dikarenakan pesawat sinar-X yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sistem pengendali paparan otomatis (*Automatic Exposure Control – AEC*). Pada sistem ini radiografer menilai pasien secara subjektif berdasarkan pengalaman memutuskan pasien kurus, normal atau gemuk untuk mendapatkan hasil citra yang jelas (Vinanda dkk, 2021). Dosis radiasi yang diterima oleh pasien tidak meningkat seiring bertambahnya IMT pada pasien, Pemberian

tegangan dan kuat arus yang berbeda pada pasien bertujuan untuk mendapatkan hasil citra yang jelas, namun pemberian tegangan dan kuat arus yang tidak sesuai dengan IMT pasien dapat menyebabkan pasien menerima dosis radiasi yang besar juga.

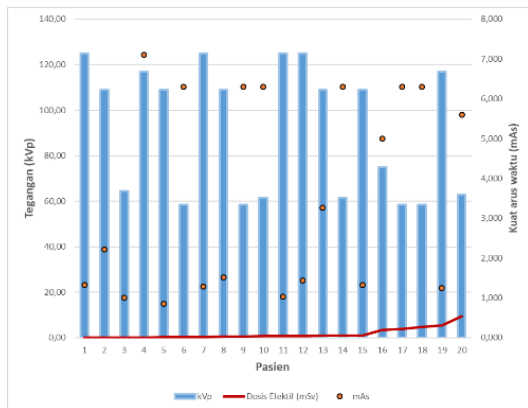
Gambar 4 menunjukkan bahwa pemberian tegangan (kVp) tinggi kepada pasien, maka kuat arus waktu (mAs) yang diberikan rendah di bawah 4 mAs dan pemberian tegangan (kVp) rendah kepada pasien maka pemberian kuat arus waktu (mAs) besar di atas 5 mAs. Koefisien determinasi dari hubungan tegangan dan arus waktu paparan menunjukkan bahwa perubahan kuat arus waktu (mAs) dipengaruhi sekitar 94% oleh perubahan tegangan (kVp) dan 6% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Adanya korelasi negatif yang kuat antara kVp dan mAs ditunjukkan dari nilai  $r = -0,9693$ . Korelasi negative artinya adanya hubungan keterbalikan antara kVp dan mAs.



**Gambar 4.** Hubungan tegangan dan waktu paparan kuat arus pada pasien Thoraks

Proses penyinaran sinar-X yang dilakukan pada pasien diukur menggunakan OSLD nanoDots yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Hasil bacaan OSLD nanoDots yaitu dalam mrad kemudian dikonversi ke dalam mGy, setiap pasien terdapat satu paket dosimeter OSLD nanoDots. Satu paket dosimeter berisikan tiga unit OSLD nanoDots yang telah dikemas dalam satu plastik yang telah teruji klinis.

Dosis serap menyatakan besar energi yang diserap per kg oleh materi yang dilaluinya. Pada Tabel 4 terlihat bahwa untuk 20 pasien yang dalam pengamatan dalam rentang energi 58,5 - 125 kVp, menunjukkan bahwa pasien yang menerima tegangan sebesar 63 kVp dan 5,6 mAs memperoleh 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.



**Gambar 5.** Dosis efektif organ paru terhadap kVp dan mAs

Pada pemeriksaan thoraks, radiasi sinar-X diarahkan ke organ paru pasien. Hal ini mengakibatkan dosis radiasi yang diterima oleh paru lebih besar dari pada organ lainnya. Dosis efektif mencerminkan besarnya resiko biologis terpapar radiasi. Gambar 5 menunjukkan hubungan dosis efektif organ paru terhadap kVp dan mAs. Pada grafik dapat terlihat bahwa pemberian tegangan yang tinggi (117 kVp) disertai dengan arus waktu paparan yang rendah (1,25 mAs) dan pemberian tegangan (63 kVp) yang rendah disertai pemberian arus waktu paparan (5,60 mAs) yang tinggi memberikan dosis efektif yang tinggi terhadap organ paru pasien, dan begitu sebaliknya. Peningkatan dosis pada pasien dikarenakan nilai mAs mengontrol kuantitas atau banyaknya sinar-X yang dihasilkan.

Dosis radiasi yang diterima oleh pasien menggunakan OSLD nanoDots terdapat dosis yang melebihi standar yang telah ditetapkan oleh BAPETEN yaitu pada pasien dengan IMT 19,01 kategori kurus, jarak penyinaran 100 cm menerima dosis radiasi sebesar 0,545 mGy. Hal ini disebabkan karena pemberian tegangan yang rendah disertakan kenaikan mAs menyebabkan dosis radiasi yang diterima pasien semakin besar. Faktor lain yang mempengaruhi nilai dosis radiasi yang diterima pasien yaitu faktor massa tubuh pasien dan jarak saat melakukan penyinaran, semakin dekat FFD dengan objek atau pasien maka dosis radiasi yang diterima juga semakin besar.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian kVp yang rendah disertai dengan pemberian mAs yang tinggi maka dosis radiasi yang diterima oleh pasien bernilai besar dan dosis efektif pada organ paru yang diterima pasien juga bernilai besar. Jika pemberian kVp yang tinggi disertai dengan pemberian mAs yang rendah maka dosis radiasi yang diterima oleh pasien bernilai kecil.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak rumah sakit dan ORTN PRTKMR-BRIN yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Terima kasih kepada pihak Belmawa yang sudah mendanai penelitian sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini sampai akhir, dan terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M., 2000, *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- BAPETEN, 2011, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.
- Hanifatunnisa, R., Aliah, H., dan Sofyan, H., 2018, Perbandingan sensitivitas TLD-100H (LiF: Mg, Cu, P) dan OSLD NanoDot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: C) dalam aplikasi medis pemantauan dosis rendah, *Prosiding Seminar Nasional SDM dan Iptek Nuklir 2018*, Yogyakarta.
- Hourdakis, J., dan Nowotny, R., 2007, *Instrumentation for dosimetry*, Viena, Austria
- ICRP, 2007, Recommendation of International Commission on Radiological Protection Publication 103, Annals of the ICRP, Elsevier Publication, Oxford. UK.
- Jamal, N.H., Sayed, I.S., Syed, W.S., 2020, Estimasi Dosis Serap Organ dalam Pemeriksaan Rontgen Dada Studi Phantom, *Jurnal Elsevier*.
- Kry, S.F., Alvarez, P., Cygler, J.E., DeWerd, L.A., Howell, R.M., Meeks, S., O'Daniel, J., Reft, C., Sawakuchi, G., Yukihiro, E.G., Mihailidis, D., 2020, AAPM TG 191: Clinical use of luminescent dosimeters: TLDs and OSLDs. *Medical Physics*, Amerika.
- Landauer, 2019, nanoDots™ dosimeter. *Landauer*, 5-6.
- Pham, C., 2013, Characterization Of Oslds For Use In Small Field Photon Beam Dosimetry, Thesis, Health Science Center at Houston, The University Of Texas Md Anderson Cancer in Partial Fulfillment, Amerika.
- Sofyan, H. dan Kusumawa, D.D., 2012, Perbandingan Tanggapan Dosimeter Termoluminisensi LiF:Mg,Ti Dan

- Lif:Mg,Cu,P Terhadap Dosis Dalam Aplikasi Medik, *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, Vol. 3, No. 2, hal 109-118.
- Vinanda, P.T., Milvita, D., Sofyan, H., 2021, Perbandingan Tangkapan Dosis Radiasi OSLD NanoDots, TLD-100, dan TLD-100H pada Pemeriksaan Foto Thorax Pasien Anak. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. No. 10, hal. 137–141.
- Widayati, E., Hariadi, Y.C., Nurhayati, A.E., 2013, Analisis Dosis Serap Radiasi Foto Thorax Pada Pasien Anak Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Paru Jember, *Skripsi*, Fisika, Jember, Jawa Timur.
- Yukihara, E.G., McKeever, S.W., 2008, Optically stimulated luminescence (OSL) dosimetry in medicine, *Physics in medicine and biology*, Vol. 53, No. 20, hal 351–379.