



Tangerang, 12 Agustus 2025

Nomor : 504 / EXT / MRHP - CEO / VIII / 2025
Perihal : **Pengesahan Makalah Lomba PERSI 2025**
Lampiran : 1 (Satu) Dokumen

Kepada Yth,
Panitia PERSI AWARD 2025
Di tempat

Dengan hormat,
Dalam rangka partisipasi Rumah Sakit Mandaya Royal Puri di Lomba PERSI AWARD 2025 di bidang IT, maka melalui surat ini saya informasikan bahwa Rumah Sakit Mandaya Royal Puri turut serta dalam mengirimkan artikel makalah berjudul :

EITA – ALARA : COMPREHENSIVE DIGITAL RADIOGRAPHY THORAX IT SYSTEM FOR PATIENT RADIATION SAFETY AND PRESERVING IMAGE FIDELITY IN RADIOLOGY DEPARTMENT OF MANDAYA ROYAL HOSPITAL PURI.

Melalui surat ini, saya selaku CEO Rumah Sakit Mandaya Royal Puri menyatakan adalah karya orisinal dan telah benar ada penerapan layanan di Rumah Sakit Mandaya Royal Puri khususnya Departemen Radiologi.

Demikian informasi ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih

Hormat kami,


dr. Essy Osman, MM
CEO Rumah Sakit Mandaya Royal Puri

Cc:

1. CEO Mandaya Hospital Group
2. Arsip

RS Mandaya Royal Puri

Metland Boulevard Lot. C-3
Metland Cyber City Puri, Karang Tengah
Kota Tangerang 15159

☎ 021-5092 8888

✉ Info@mandayaroyalhospital.com

EITA-ALARA: COMPREHENSIVE DIGITAL RADIOGRAPHY THORAX IT SYSTEM FOR PATIENT RADIATION SAFETY AND PRESERVING IMAGE FIDELITY IN RADIOLOGY DEPARTMENT OF MANDAYA ROYAL HOSPITAL PURI.

RADIOLOGY DEPARTMENT

dr.Evi Vania Bangun, MARS, MHKes – Head of Ancillary Division

dr. Christopher, Sp.Rad, PhD- Head of Radiology Department

Joko Harjanto– Supervisor of Radiology Department

Herdani Rahman – Medical Physicist & QR Link

ABSTRAK

X-Ray thorax adalah pemeriksaan terbanyak radiologi dengan nilai EI_T terbesar, sehingga diperlukan optimalisasi kualitas citra, dosis radiasi yang diterima pasien. RS Mandaya Royal Puri melakukan optimalisasi keselamatan radiasi pasien melalui teknik EITA-ALARA pada digital x-ray thorax. Penelitian berlangsung pada Bulan Mei 2023 – Juni 2024 dengan sampel 200 pasien. Pemberian variasi EI_T menghasilkan rerata nilai *deviation index* sebesar 3.05 ± 0.18 (EI_T 400) dan 4.10 ± 0.23 (EI_T 250). Nilai manual ESAK didapatkan sebesar $0.38 \text{ mGy} \pm 0.022$ (untuk EI_T 400) dan $0.25 \text{ mGy} \pm 0.015$ (EI_T 250). Kesimpulan menunjukkan teknik EITA-ALARA tetap dapat menghasilkan gambar yang sesuai dengan pasien menerima dosis radiasi yang lebih rendah.

*Kata Kunci : *exposure index(EI), deviation index, entrance surface air kerma (ESAK).*

I. LATAR BELAKANG

Optimalisasi dosis radiasi dalam radiologi merupakan aspek penting dalam perawatan kesehatan modern, yang bertujuan untuk menyeimbangkan kebutuhan pencitraan diagnostik dengan menjaga keselamatan pasien. Hal ini disebabkan radiasi dapat menimbulkan efek buruk karena berinteraksi dengan jaringan tubuh manusia.¹

Apabila melihat efek yang ditimbulkan, efek radiasi terhadap tubuh terbagi dua yaitu, efek stokastik dan deterministik. Efek deterministik timbul bila dosis yang diterima berada diatas dosis ambang (*threshold dose*) dan umumnya timbul secara langsung setelah terpapar radiasi. Sedangkan, efek stokastik adalah efek yang timbul setelah waktu yang lama.

Oleh karena itu, pelayanan radiologi diagnostik harus menegakkan tiga asas proteksi radiasi yakni justifikasi, limitasi dan optimalisasi.²

Untuk dapat menghasilkan kualitas citra yang baik, pada film *screen* konvensional, diperlukan pengaturan faktor eksposi yang tepat seperti kV dan mAs. Dengan peralihan menuju radiografi berbasis digital (CR dan DR), komponen *brightness* dan kontras dapat dikompensasi hingga mencapai 100% melalui *post processing*

Hal tersebut menyebabkan sulitnya penentuan teknik pemeriksaan yang digunakan *overexposed* atau *underexposed*. Berdasarkan hal tersebut, terdapat parameter *exposure index* (EI) pada sistem radiografi berbasis digital. Nilai EI setiap modalitas menunjukkan nilai dan metode perhitungan yang berbeda. Hal ini menyebabkan tidak terdapat standar baku yang dapat dijadikan acuan untuk menilai kualitas citra yang dihasilkan.

International Electrotechnical Commission (IEC) berkolaborasi dengan *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) untuk memperkenalkan terminologi index standar yang dikenal dengan “*deviation index* (DI)” sehingga user dapat menilai apakah gambar yang dihasilkan *overexposed* atau *underexposed*.³

Berdasarkan uraian di atas, terdapat sebuah tantangan peningkatan mutu diagnostik dimana pemeriksaan radiologi diharapkan dapat mengoptimalkan dosis radiasi sekecil mungkin namun dapat menghasilkan gambar yang diharapkan.

Departemen Radiologi RS Mandaya Royal Puri, yang saat ini mengimplementasikan sistem IT radiologi digital, berusaha menjawab tantangan yang ada guna peningkatan keselamatan radiasi pasien melalui inovasi sistem IT radiologi digital secara komprehensif melalui teknik EITA-ALARA pada pemeriksaan digital x-ray thorax.

II. TUJUAN / TARGET SPESIFIK

Departemen Radiologi RS Mandaya Royal Puri, yang saat ini mengimplementasikan sistem IT radiologi digital, berusaha menjawab tantangan yang ada melalui inovasi sistem IT radiologi digital secara komprehensif dengan teknik EITA-ALARA pada pemeriksaan digital x-ray thorax.

Peningkatan layanan keselamatan radiasi ini bertujuan :

- 1) Peningkatan layanan keselamatan radiasi pasien khususnya pemeriksaan digital x-ray thorax
- 2) Pemberian dosis radiasi minimal tetapi menghasilkan gambar yang optimal dengan melakukan analisa korelasi antara nilai *deviation index* dengan nilai ESAK (*Entrance Surface Air Kerma*).
- 3) Peningkatan kepatuhan terhadap peraturan radiasi BAPETEN.

III. LANGKAH-LANGKAH PENERAPAN INOVASI LAYANAN

III.1. Penetapan Tinjauan Pustaka.

Digital radiografi (DR) merupakan sistem pencitraan yang menampilkan, mengakuisisi, meningkatkan kualitas citra secara digital dan memiliki potensi mengurangi dosis pasien. Indikator pencitraan DR disebut *exposure index* (EI). EI dapat menunjukkan suatu gambar yang dihasilkan bersifat *overexposed* atau *underexposed* (Tabel 1). Setelah adanya indikator *exposure index*, nilai *deviation index* diperkenalkan

untuk membuat sebuah standar baru yang berlaku untuk semua jenis merek modalitas. (Tabel 2).

Tahun 2020, Yongsu Yoon, et al., melakukan penetapan EI_T (*Exposure Index Target*) sebagai protokol standar berdasarkan dari nilai DRL negara Korea. Hasil penelitian menunjukkan nilai DI merupakan *tools* yang efektif untuk melakukan optimisasi dosis radiasi pasien Namun perlu dilakukan monitoring lebih lanjut terkait dengan variasi penggunaan EI_T.⁴

Dalam konteks optimisasi dosis radiasi pasien, kita memanfaatkan metode penetapan DRL (*diagnostic reference level*) untuk menentukan seberapa optimal dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Dosis radiasi dinyatakan dalam beberapa satuan Gray (Gy) untuk dosis serap dan atau *sievert* (Sv) untuk dosis ekuivalen. Perbedaan dari kedua kuantitas radiasi tersebut adalah dosis ekuivalen mempertimbangkan potensi kerusakan biologis dari radiasi yang diterima oleh tubuh.

Terminologi mengenai dosis radiasi pasien yang dikenal adalah *incident air kerma* (INAK) dan *entrance surface air kerma* (ESAK). INAK merupakan kerma udara yang diukur pada jarak 100 cm dari titik fokus ke detektor tanpa melibatkan hamburan balik (*backscatter factor*). Sedangkan ESAK merupakan kuantitas radiasi yang diukur di permukaan tubuh pasien dan digunakan sebagai indikator dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Pada kalkulasi ESAK terdapat parameter yang dilibatkan dalam perhitungan yaitu BSF (*backscatter factor*).⁵

BSF merupakan faktor yang digunakan untuk mengoreksi dosis radiasi yang terjadi akibat pantulan balik sinar-X dari objek yang dilewatinya. BSF dapat mempengaruhi tingkat dosis pada organ yang terpapar.

Secara matematis nilai ESAK dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk beberapa parameter eksposi seperti mAs, kVp dan jarak sumber ke objek (SID), persamaan ESAK dan INAK dapat dilihat sebagai berikut :

$$ESAK = BSF * INAK \quad (2.1) \text{ dimana, } INAK = Y * P (d1d2-t) \quad (2.2)$$

Y : Output tube pada jarak (mGy/mAs)

P : Tube loading (mAs). d1: Jarak sumber ke detektor

d2 : Jarak sumber ke permukaan objek. t : Tebal pasien

Nilai Y dan P dihubungkan dengan regresi *power output*, nilai Y dan P dapat diperoleh dari hasil uji akurasi tegangan yang dilakukan dengan menggunakan dosimeter.

III.2. Penetapan Metode Implementasi

- a. Implementasi layanan ini bersifat kuantitatif.
- b. Pada tahapan pertama kita akan menentukan EI_T (exposure index target) berdasarkan kategori umur dan atau berat badan.
- c. Setelah itu, akan dilakukan monitoring terhadap DI yang dihasilkan berdasarkan EI_T yang di atur. Indikator warna merah, kuning dan hijau dapat diubah berdasarkan kebutuhan klinis. Sistem *default* pada Philips menetapkan skala -6 sampai dengan -3 untuk DI_Low dan +3 sampai dengan +6 untuk DI_high

III.3. Penetapan Sumber Data

- a. Data sampel penelitian ini adalah pemeriksaan *thoraks* pasien dewasa dari modalitas *Philips Mobile Diagnost* (berbasis DR) periode Bulan Mei 2023 – Juni 2024 di Departemen Radiologi RS Mandaya Royal Puri. Data sampel diambil dengan memakai rumus Slovin.
- b. Nilai ESAK didapatkan dari aplikasi SI-INTAN BAPETEN dan perhitungan manual (melalui uji akurasi tegangan tabung)
- c. Periode Data : Mei 2023 – Juni 2024

III.4. Penetapan Alur Kerja : (Gambar 1)

- a. Penentuan upaya optimalisasi
- b. Persiapan data, penetapan EI_T (exposure index target)
- c. Penetapan variasi mAs
- d. Proses akuisisi terhadap pasien dan monitoring data
- e. Tinjauan ulang hasil :
 - e.1. Apabila hasil pencitraan baik : lihat nilai ESAK pada SI-INTAN.
 - e.1.1. apabila nilai ESAK melebihi DRL : ulangi penentuan upaya optimalisasi.
 - e.1.2. apabila nilai ESAK kurang dari DRL : penetapan EI_T dan mAs sebagai protocol standar.
 - e.2. Apabila hasil pencitraan rendah : *review* data nilai *deviation index*

IV. HASIL IMPLEMENTASI INOVASI

Implementasi kegiatan ini menggunakan modalitas Mobile X-Ray wDR Philips Mobile Diagnost. Data yang diambil adalah ESAK (*entrance surface air kerma*). Penelitian ini melibatkan 200 pasien, yang meliputi data kV, mAs, SID, EI_T dan DI.

Data faktor eksposi akan diinput ke aplikasi Si-INTAN BAPETEN untuk menghasilkan data ESAK (*entrance surface air kerma*). Nilai ESAK di dapatkan melalui perhitungan manual dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Penginputan data uji akurasi tegangan (nilai kVp ukur dan *output* tabung).

- b. Buat grafik kVp vs dengan output tabung (μmAs), lalu catat persamaan garis yang dihasilkan.
- c. Catat faktor eksposi yang digunakan (termasuk estimasi ukuran tebal pasien).
- d. Hitung INAK (*incident air kerma*) dengan cara *input* faktor eksposi kedalam persamaan garis.
- e. Hitung ESAK (*entrance surface air kerma*) dengan melibatkan BSF (persamaan 2.1)
- f. Perhatikan nilai jarak yang digunakan, pastikan data yang di *input* adalah SSD (*source-skin distance*) dengan cara mengurangi SID (*source-image detector*) dengan estimasi tebal pasien (berdasarkan usia dan berat badan).

1. Hasil Data Uji Akurasi Tegangan Tabung X-Ray

Hasil data uji akurasi tegangan tabung dibutuhkan untuk melihat *output* yang dihasilkan oleh tabung X-Ray. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter Ray-Safe X2.

Pengukuran dilakukan dengan melihat perbandingan antara kVp set dan kVp ukur. Hasil uji akurasi tegangan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan persamaan garis $y = 0.0011X^2 + 0.8676X + 3.1229$. Persamaan garis digunakan untuk menentukan nilai ESAK yang dihasilkan dengan mensubstitusikan faktor eksposi yang digunakan (kV dan mAs).

2. Pengaturan nilai EI_T Dalam Proses Optimisasi

Pengambilan data pada tahap awal diambil sebanyak 100 pasien dengan pengaturan EI_T 400. Kemudian dilakukan pengubahan EI_T menjadi 250 secara bertahap dengan melihat perbedaan kualitas gambar yang dihasilkan.

Pada tahapan penurunan nilai EI_T, radiografer berperan untuk memastikan bahwa gambar yang dihasilkan oleh Mobile Diagnost wDR masih dalam batas toleransi.

Pengambilan data difokuskan untuk pemeriksaan thoraks, hal ini disebabkan karena modalitas yang digunakan pada penelitian adalah modalitas mobile X-Ray.

3. Hasil Analisa Pengaruh Pengubahan EI_T Terhadap Nilai *Deviation Index* dan ESAK

Pengubahan EI_T dilakukan pada pemeriksaan thoraks proyeksi AP untuk pasien dewasa. Pada modalitas Philips Mobile Diagnost terdapat indikator warna yang dapat menentukan apakah gambar yang dihasilkan *underexposed* hingga *overexposed*. Warna tersebut adalah indikator yang menjelaskan nilai *deviation index* yang dihasilkan. Jika melihat Persamaan 1, nilai *deviation index* dipengaruhi oleh nilai EI_T.

$$DI = 10 \log EI/EI_T \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan diatas, semakin kecil nilai EI_T maka, nilai DI akan menjadi lebih besar. Sebaliknya, semakin besar nilai EI_T, maka nilai DI akan menjadi lebih kecil. Pemilihan penurunan nilai EI_T didasari oleh karena banyak gambar yang dihasilkan ada pada level *underexposed* (bernilai dibawah 0). Oleh karena itu, sebagai tahapan awal optimisasi dilakukan penurunan nilai EI_T dari 400 menjadi 250.

Pada pesawat DR, nilai *deviation index* secara tidak langsung dapat mempengaruhi dosis radiasi pasien. Apabila hasil gambar ada pada kategori *underexposed* maka, secara otomatis diperlukan kV dan mA yang lebih tinggi untuk mengkompensasi kualitas gambar. Hal tersebut secara langsung dapat mempengaruhi nilai dosis yang diterima oleh pasien. Hasil penelitian awal dapat dilihat pada Tabel 6. dan Gambar 5.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan (1) terjadi peningkatan kualitas gambar dari perubahan EI_T yang dilakukan. Secara rata-rata nilai *deviation index* meningkat sebesar 1.05 satuan. Hal itu menunjukkan bahwa penurunan nilai EI_T dapat meningkatkan nilai *deviation index*. (2) Dalam aspek dosis radiasi pasien (ESAK) penurunan nilai EI_T menghasilkan penurunan nilai ESAK. Akan tetapi, perlu dilakukan pengamatan lebih lanjut terkait dengan dosis pasien. Hal tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor seperti : data penelitian yang cenderung sedikit dan tidak mengkategorikan berdasarkan berat badan/ukuran tubuh pasien. (3) RS Mandaya Royal Puri mendapatkan anugerah Program PPR terbaik tahun 2023.

V. LAMPIRAN :

1. TABEL

a. Tabel 1. Terminologi *Exposure Index* Modalitas X-Ray

Merk	Terminologi	Simbol	Skala
Agfa (CR)	<i>Logarithmic median</i>	LgM	1.6 - 2.2
Canon (DR)	<i>Reached Exposure</i>	REX	-
Fuji (CR)	<i>Sensitivity</i>	S	200-800
Kodak (CR)	<i>Exposure Index</i>	EI	1300-1800
Philips (DR)	<i>Exposure Index</i>	EI	200-800
Siemens (DR)	<i>Exposure Index</i>	EXI	200-800

b. Tabel 2. Indikator *Deviation Index* dan Indikator Klinis (AAPM TG 116)

<i>Deviation Index</i>	Indikator Klinis
$>+3.0$	Paparan menuju pasien berlebih (pemeriksaan diulang apabila hasil citra <i>burned out</i>
+1 sampai +3.0	<i>Overexposure</i>
-0.5 sampai +0.5	Range sesuai dengan target / ideal
<-1.0	<i>Underexposed</i>
<-3.0	Pemeriksaan diulang apabila hasil citra tidak diagnostik

c. Tabel 3. Faktor Yang Mempengaruhi Nilai ESAK

No	Faktor	Keterangan
1	Teknik Pemeriksaan	Meliputi pemilihan faktor eksposi, positioning, pengaturan FOV, jarak SID dll
2	Penggunaan fitur teknologi	Penggunaan fitur seperti AEC, <i>low dose</i> dan mode akuisisi tertentu dapat digunakan untuk mengurangi nilai dosis pasien
3	<i>Post processing digital</i>	Pemrosesan citra digital memungkinkan radiografer untuk memperoleh gambar berkualitas tinggi dengan dosis radiasi yang lebih rendah.
4	<i>Output pesawat sinar - X (error alat, kebocoran tabung dll)</i>	Diperlukan kalibrasi dan kegiatan QA/QC.
5	Pengulangan Foto (<i>human error</i>)	Meningkatkan kemampuan personel dan memastikan peralatan dalam kondisi yang baik

d. Tabel 4. Pengaturan Nilai EI_T Sebelum Proses Optimalisasi dan Hasil Uji Akurasi Tegangan

Hasil Uji Akurasi Tegangan			
kVp Set	kVp Ukur	Error (%)	Toleransi
60	59.1	-1.50%	e max $\leq$ 10%
70	69	-1.40%	
80	79.3	-0.90%	
90	90.1	0.10%	
100	100.5	0.50%	

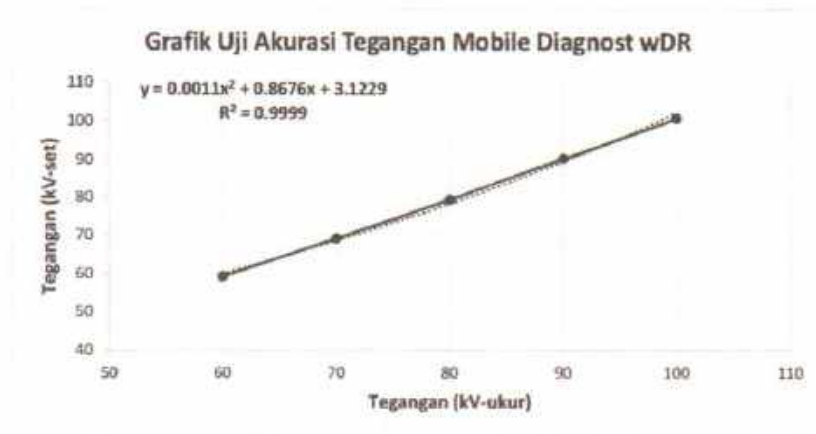
e. Tabel 5. Pengaturan EI_T Pasien Dewasa Sebelum dan Sesudah Implementasi

No	Jenis Pemeriksaan	Nilai EI_T Set (pasien dewasa)	
		Sebelum	Sesudah
1	Ekstremitas	320	250
2	Thorax	400	250
3	CR	400	250
4	Abdomen, Pelvis	250	250

f. Tabel 6. Pengaruh Perubahan EI_T Terhadap ESAK dan *Deviation Index*

No	Parameter	Nilai EI_T	Kuartil 2	Diagnostic Reference Level (DRL) BAPETEN (Thoraks AP)
1	INAK (<i>Incident Air KERMA</i>)	400	0.29	0.4 mGy
		250	0.25	
2	ESAK (<i>Entrance Surface Air KERMA</i>)	400	0.38	
		250	0.35	
3	<i>Deviation Index</i>	400	3.05	Tidak ada standar nasional
		250	4.1	
4	Dose Area Product (DAP)	400	55.9	
		250	21.35	

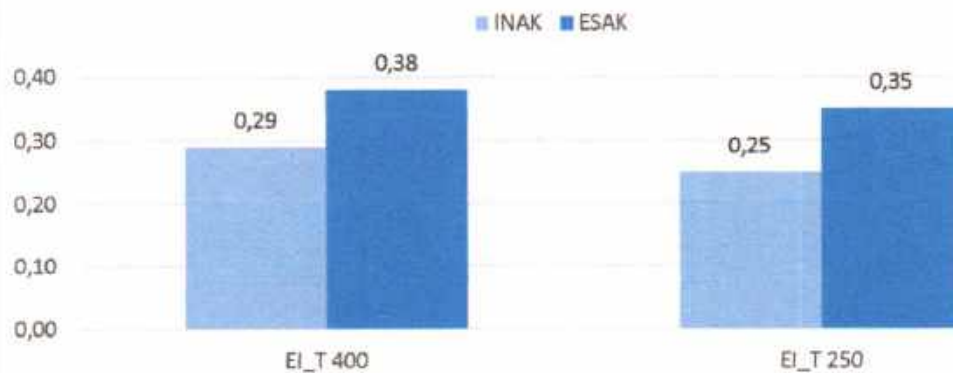
c. **Gambar 3. Grafik Uji Akurasi Tegangan dan Persamaan Garis yang Dihasilkan**



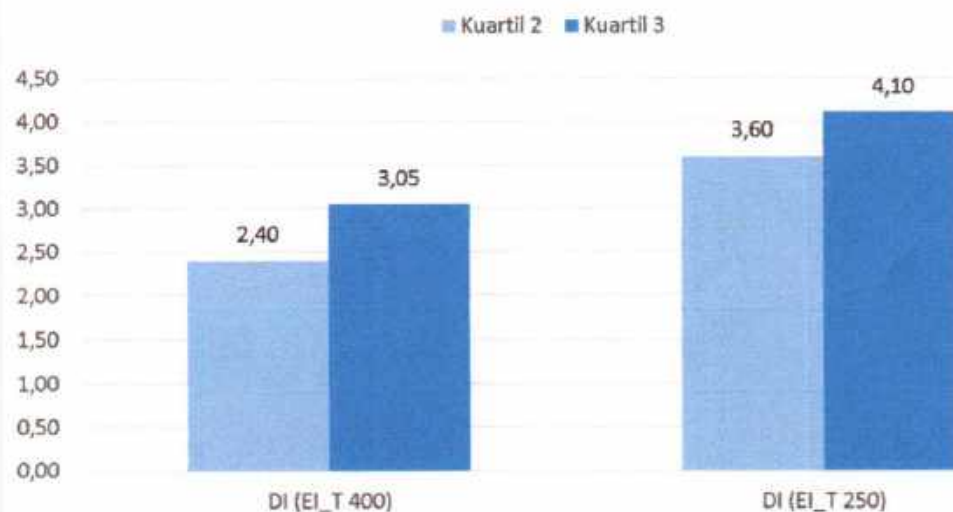
d. **Gambar 4. Hasil Pengambilan Data**

- (a) Pengaruh Perubahan EI_T terhadap Nilai Deviation Index;
- (b) Pengaruh Perubahan EI_T terhadap Nilai ESAK

Pengaruh Perubahan Indeks Exposure Target (EI_T) Terhadap Nilai ESAK



Pengaruh Perubahan Nilai Indeks Exposure Target (EI_T) Terhadap Nilai Deviation Index



DAFTAR PUSTAKA

1. M. L. Butler, L. Rainford, J. Last, and P. C. Brennan, "Are exposure index values consistent in clinical practice? A multi manufacturer.
2. Rahmawanti, P., Irsal, M. and Sari, G., 2022. The Effect Of Exposure Index Variations On Subjective Quality Assessment On Lumbosacral Examination. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 10(1), pp.129-136.
3. Nurrokhim, M. L., Rochmayanti, D., & Budiono, A. (2021). Standarisasi Indeks Eksposur untuk Memenuhi Kriteria Anatomi dan Aspek Teknis pada Radiografi Thorax Pediatrik. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 7(1), 22-27.
4. Cohen, M. D., Cooper, M. L., Piersall, K., & Apgar, B. K. (2011). Quality assurance: using the exposure index and the deviation index to monitor radiation exposure for portable chest radiographs in neonates. *Pediatric radiology*, 41, 592-601.