



Tangerang, 06 September 2024

Nomor : 222/EXT/MRHP-CEO/IX/2024  
Perihal : Pengesahan Makalah Lomba PERSI 2024  
Lampiran : 1 dokumen

Yth.

Panitia PERSI AWARD 2024

ditempat

Dengan hormat

Dalam rangka partisipasi RS Mandaya Royal Puri di Lomba PERSI AWARD 2024, maka melalui surat ini saya informasikan bahwa RS Mandaya Royal Puri turut serta dalam mengirimkan artikel makalah berjudul :

*PATIENT RADIATION DOSE OPTIMIZATION WITH EITA - ALARA TECHNIQUE.  
COMPREHENSIVE THORAX DIGITAL RADIOGRAPHY IT SYSTEM TO PROTECT  
PATIENT RADIATION SAFETY AND PRESERVING IMAGE FIDELITY IN RADIOLOGY  
DEPARTMENT OF MANDAYA ROYAL HOSPITAL PURI.*

Melalui surat ini, saya selaku CEO RS Mandaya Royal Puri menyatakan adalah karya orisinal dan telah benar ada penerapan layanan di Departemen Radiologi RS Mandaya Royal Puri dengan di bawah supervisi Komite Mutu.

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

Hormat kami

  
**dr. Essy Osman, MM**  
CEO RS Mandaya Royal Puri

**RS Mandaya Royal Puri**

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

☎ 021-5092 8888

✉ Info@mandayaroyalhospital.com

# PATIENT RADIATION DOSE OPTIMIZATION WITH EITA-ALARA TECHNIQUE. COMPREHENSIVE THORAX DIGITAL RADIOGRAPHY THORAX IT SYSTEM TO PROTECT PATIENT RADIATION SAFETY AND PRESERVING IMAGE FIDELITY IN RADIOLOGY DEPARTMENT OF MANDAYA ROYAL HOSPITAL PURI.

## RADIOLOGY DEPARTMENT

dr.Olivia, M.Kes –Ancillary and Medical Development Manager MHG

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 gambar dan dosis radiasi yang diberikan. RS Mandaya Royal Puri melakukan optimalisasi keselamatan radiasi pasien melalui teknik EITA-ALARA pada digital x-ray thorax. Implementasi dilakukan pada Mei 2023 – Juni 2024 dengan sampel 200 pasien. Rerata nilai *deviation index* dalam pemberian variasi EI\_T sebesar  $3.05 \pm 0.18$  (EI\_T 400) dan  $4.10 \pm 0.23$  (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, deviation index, ESAK.*

## I. LATAR BELAKANG

Optimalisasi 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.<sup>1</sup>

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

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

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) memperkenalkan terminologi index standar yang dikenal dengan “*deviation index* (DI)” sehingga pengguna dapat menilai gambar yang dihasilkan *overexposed* atau *underexposed*.<sup>3</sup>

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 *software Exposure Index Target Adjuster* (EITA) -*As Low As Reasonable Achievable* (ALARA) pada 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.<sup>4</sup>

Dalam konteks optimisasi dosis radiasi pasien, pemanfaatan metode penetapan DRL (*diagnostic reference level*) untuk menentukan 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*).<sup>5</sup>

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 :

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

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 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)

### **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*). Pengambilan data 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 outbut tabung ( $\mu\text{mAs}$ ), 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 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 awal implementasi dapat dilihat pada Tabel 6. dan Gambar 5.

Berdasarkan implementasi 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 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

<b>Merk</b>	<b>Terminologi</b>	<b>Simbol</b>	<b>Skala</b>
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 ≤ 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**

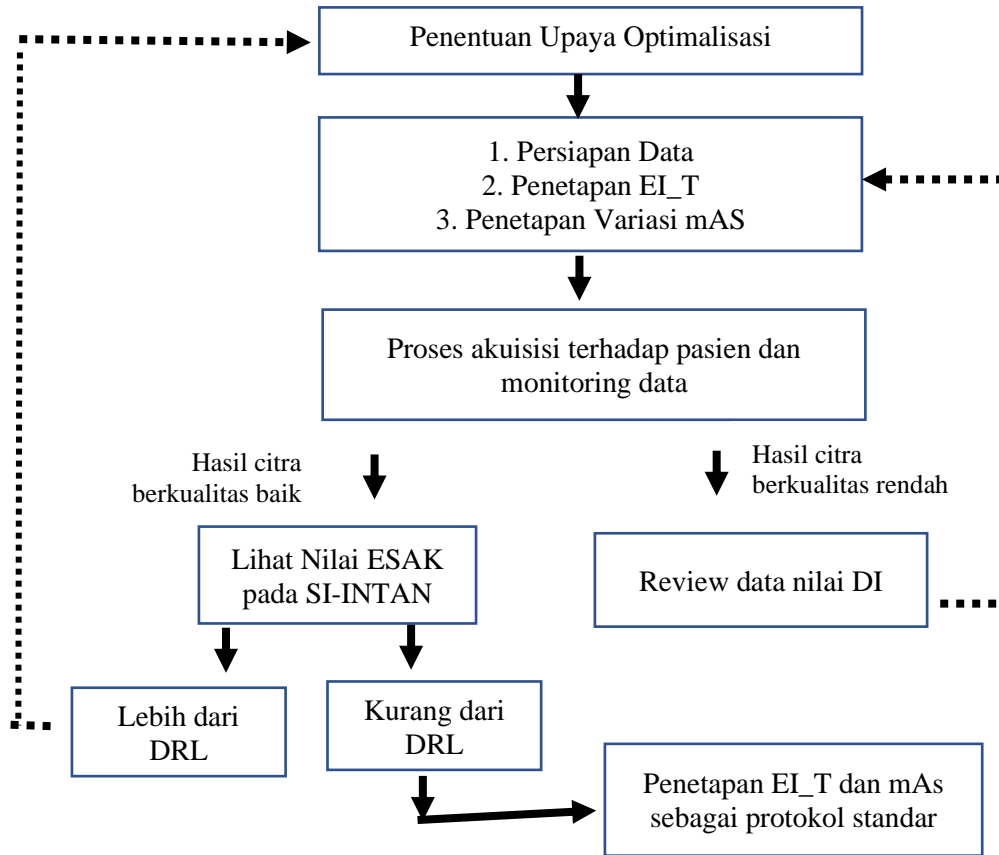
No	Jenis Pemeriksaan	Nilai EI_T Set (pasien dewasa)	
		Sebelum	Sesudah
1	Ekstremitas	320	250
2	Thorax	400	250
3	CR	400	250
4	Abdomen, Pelvis	250	250

**f. Tabel 6. Pengaruh Perubahan EI\_T Terhadap ESAK dan *Deviation Index***

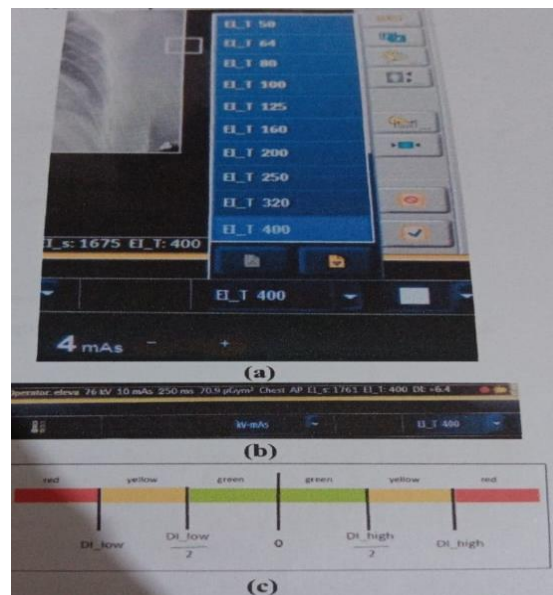
No	Parameter	Nilai EI_T	Kuartil 2	Diagnostic Reference Level (DRL) BAPETEN (Thoraks AP)
1	INAK ( <i>Incident Air KERMA</i> )	400	0.29	0.4 mGy
		250	0.25	
2	ESAK (Entrance Surface Air KERMA)	400	0.38	
		250	0.35	
3	<i>Deviation Index</i>	400	3.05	Tidak ada standar nasional
		250	4.1	
4	Dose Area Product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

## 2. GAMBAR

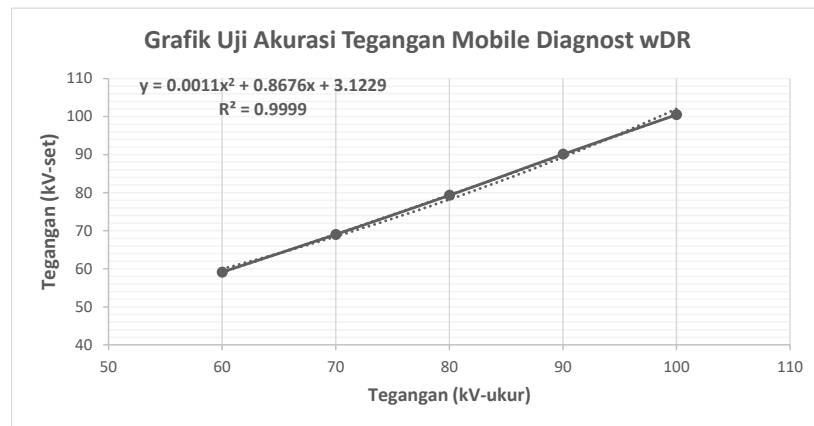
### a. Gambar 1. Skema Pengambilan dan Evaluasi Data



### b. Gambar 2 (a) Pemilihan EI\_T, (b) Indikator *Deviation Index* Merah (kategori Tinggi), (c) Indikator Warna pada *Mobile Diagnost*

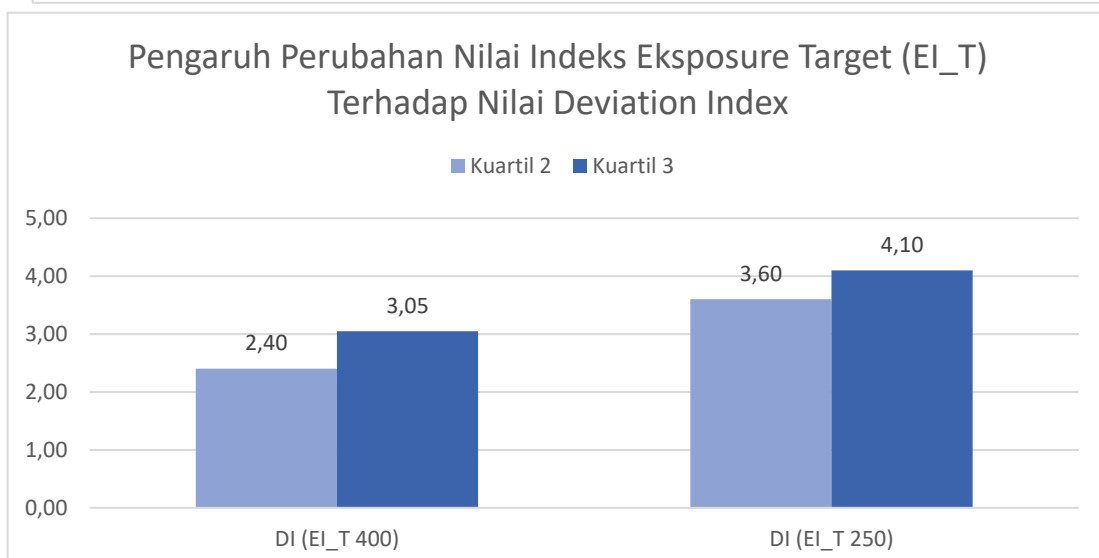
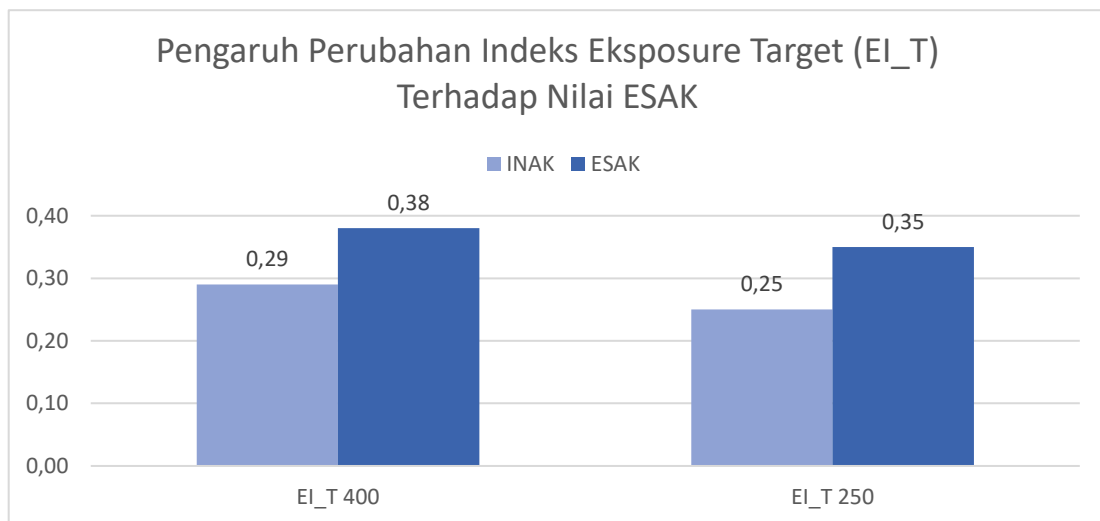


**c. Gambar 3. Grafik Uji Akurasi Tegangan dan Persamaan Garis yang Dihasilkan**



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

- (a) Pengaruh Perubahan EI\_T terhadap Nilai Deviation Index;
- (b) Pengaruh Perubahan EI\_T terhadap Nilai ESAK



### e. Penghargaan BAPETEN



### 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.

**1. Data Pasien dengan EI\_T 400 (Sebelum optimisasi)**

No	Study description	Pasien	kVp	Exposure [mAs]	Exposure Index (EI_s)	Target Index (EI_T)	Deviation Index (DI)	Image dose area product [ $\mu\text{Gy m}^2$ ]	INAK	ESAK
1	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_1	75	10	1,395	400	5.426	69	0.366	0.495
2	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_2	72	10	869	400	3.372	59.2	0.334	0.451
3	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_3	74	10	859	400	3.32	64.9	0.355	0.48
4	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_4	74	10	1,195	400	4.754	64	0.355	0.48
5	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_5	72	10	755	400	2.758	59.1	0.334	0.451
6	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_6	90	2	2,429	400	7.834	11.1	0.111	0.15
7	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_7	70	10	695	400	2.401	56.8	0.313	0.423
8	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_8	78	8	1,128	400	4.501	55.9	0.321	0.433
9	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_9	76	10	751	400	2.737	64.6	0.378	0.51
10	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_10	90	4	2,470	400	7.907	21.9	0.222	0.3
11	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_11	58	13	4,049	400	10.052	6.88	0.265	0.358
12	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_12	85	13	3,087	400	8.874	114	0.634	0.856
13	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_13	77	10	770	400	2.847	66.4	0.389	0.525
14	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_14	76	10	1,933	400	6.842	66.2	0.378	0.51
15	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_15	78	13	1,559	400	5.908	92.5	0.521	0.703
16	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_16	82	13	3,316	400	9.186	97.6	0.584	0.788
17	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_17	83	13	3,505	400	9.427	101	0.6	0.81
18	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_18	80	13	902	400	3.53	92.1	0.552	0.745
19	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_19	83	13	1,099	400	4.391	99.3	0.6	0.81
20	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_20	82	13	2,807	400	8.462	96.8	0.584	0.788

21	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_21	90	2	3,085	400	8.871	5.21	0.111	0.15
22	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_22	78	3	1,373	400	5.356	21.5	0.12	0.162
23	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_23	79	3	2,582	400	8.099	22.3	0.124	0.167
24	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_24	80	8	1,955	400	6.891	62.2	0.34	0.459
25	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_25	77	3	1,211	400	4.809	17.6	0.117	0.158
26	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_26	78	3	364	400	-0.407	18	0.12	0.162
27	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_27	71	10	706	400	2.468	59.5	0.323	0.437
28	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_28	90	4	1,003	400	3.991	34.2	0.222	0.3
29	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_29	86	10	807	400	3.048	94.6	0.501	0.676
30	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_30	86	10	816	400	3.097	94.2	0.501	0.676
31	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_31	90	2	463	400	0.634	18.5	0.111	0.15
32	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_32	90	3	496	400	0.933	12.2	0.167	0.225
33	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_33	90	3	354	400	-0.526	12.2	0.167	0.225
34	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_34	90	3	313	400	-1.06	11.7	0.167	0.225
35	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_35	90	2	473	400	0.726	7.17	0.111	0.15
36	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_36	90	3	773	400	2.859	12.1	0.167	0.225
37	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_37	90	4	709	400	2.484	13.5	0.222	0.3
38	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_38	90	3	539	400	1.296	12.2	0.167	0.225
39	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_39	83	8	934	400	3.683	23	0.369	0.499
40	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_40	83	10	1,245	400	4.931	29.8	0.462	0.623
41	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_41	50	10	17	400	-13.749	0.31	0.145	0.196
42	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_42	49	10	3,135	400	8.942	0.21	0.139	0.187
43	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_43	90	5	336	400	-0.764	16	0.278	0.375
44	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_44	90	4	548	400	1.367	12.8	0.222	0.3

45	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_45	90	10	375	400	-0.275	32.4	0.555	0.75
46	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_46	90	4	2,303	400	7.602	35.9	0.222	0.3
47	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_47	90	4	2,431	400	7.837	36.2	0.222	0.3
48	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_48	89	13	329	400	-0.846	118	0.704	0.95
49	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_49	72	10	1,189	400	4.73	62.9	0.334	0.451
50	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_50	85	10	854	400	3.292	86.1	0.488	0.658
51	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_51	83	8	934	400	3.683	23	0.369	0.499
52	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_52	83	10	1,245	400	4.931	29.8	0.462	0.623
53	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_53	50	10	17	400	-13.749	0.31	0.145	0.196
54	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_54	49	10	3,135	400	8.942	0.21	0.139	0.187
55	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_55	90	5	336	400	-0.764	16	0.278	0.375
56	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_56	90	4	548	400	1.367	12.8	0.222	0.3
57	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_57	90	10	375	400	-0.275	32.4	0.555	0.75
58	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_58	90	4	2,303	400	7.602	35.9	0.222	0.3
59	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_59	90	4	2,431	400	7.837	36.2	0.222	0.3
60	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_60	89	13	329	400	-0.846	118	0.704	0.95
61	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_61	72	10	1,189	400	4.73	62.9	0.334	0.451
62	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_62	85	10	854	400	3.292	86.1	0.488	0.658
63	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_63	72	10	869	400	3,372	59.2	0.334	0.451
64	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_64	74	10	859	400	3.32	64.9	0.355	0.48
65	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_65	82	13	3,316	400	9,186	97.6	0.584	0.788
66	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_66	83	13	3,505	400	9,427	101	0.6	0.81
67	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_67	80	13	902	400	3.53	92.1	0.552	0.745
68	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_68	83	13	1,099	400	4,391	99.3	0.6	0.81

69	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_69	82	13	2.807	400	8,462	96.8	0.584	0.788
70	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_70	78	3	1.373	400	5,356	21.5	0.12	0.162
71	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_71	80	8	1.955	400	6,891	62.2	0.34	0.459
72	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_72	78	3	364	400	-407	18	0.12	0.162
73	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_73	71	10	706	400	2,468	59.5	0.323	0.437
74	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_74	90	4	1.003	400	3,991	34.2	0.222	0.3
75	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_75	74	10	859	400	3.32	64.9	0.355	0.48
76	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_76	74	10	1,195	400	4.754	64	0.355	0.48
77	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_77	72	10	755	400	2.758	59.1	0.334	0.451
78	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_78	90	2	2,429	400	7.834	11.1	0.111	0.15
79	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_79	70	10	695	400	2.401	56.8	0.313	0.423
80	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_80	78	8	1,128	400	4.501	55.9	0.321	0.433
81	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_81	76	10	751	400	2.737	64.6	0.378	0.51
82	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_82	90	4	2,470	400	7.907	21.9	0.222	0.3
83	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_83	58	13	4,049	400	10.052	6.88	0.265	0.358
84	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_84	85	13	3,087	400	8.874	114	0.634	0.856
85	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_85	77	10	770	400	2.847	66.4	0.389	0.525
86	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_86	76	10	1,933	400	6.842	66.2	0.378	0.51
87	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_87	78	13	1,559	400	5.908	92.5	0.521	0.703
88	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_88	82	13	3,316	400	9.186	97.6	0.584	0.788
89	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_89	83	13	3,505	400	9.427	101	0.6	0.81
90	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_90	80	13	902	400	3.53	92.1	0.552	0.745
91	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_91	83	13	1,099	400	4.391	99.3	0.6	0.81
92	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_92	82	13	2,807	400	8.462	96.8	0.584	0.788



93	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_93	90	2	3,085	400	8.871	5.21	0.111	0.15
94	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_94	78	3	1,373	400	5.356	21.5	0.12	0.162
95	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_95	79	3	2,582	400	8.099	22.3	0.124	0.167
96	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_96	80	8	1,955	400	6.891	62.2	0.34	0.459
97	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_97	77	3	1,211	400	4.809	17.6	0.117	0.158
98	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_98	78	3	364	400	-0.407	18	0.12	0.162
99	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_99	71	10	706	400	2.468	59.5	0.323	0.437
100	THORAX AP/PA	Pasien EI_T400_100	90	4	1,003	400	3.991	34.2	0.222	0.3

**2. Data Pasien dengan EI\_T 400 (Sebelum optimisasi)**

No	Study description	Pasien	kVp	Exposure [mAs]	Exposure Index (EI_s)	Target Index (EI_T)	Deviation Index (DI)	Image dose area product [ $\mu\text{Gy m}^2$ ]	INAK	ESAK
1	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_1	92	4	1,034	250	6.167	14.7	0.234	0.315
2	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_2	81	4	597	250	3.78	10.1	0.175	0.236
3	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_3	81	4	532	250	3.277	10.4	0.175	0.236
4	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_4	90	2	463	250	2.672	6.88	0.111	0.15
5	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_5	80	13	540	250	3.341	30.8	0.552	0.745
6	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_6	86	6	1,150	250	6.628	21.8	0.3	0.406
7	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_7	86	16	994	250	5.996	56.1	0.801	1.082
8	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_8	60	2	279	250	0.469	1.25	0.044	0.059
9	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_9	55	2	68	250	-5.656	0.94	0.036	0.049
10	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_10	55	2	164	250	-1.835	0.94	0.036	0.049
11	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_11	90	5	575	250	3.618	19.4	0.278	0.375
12	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_12	80	11	3,690	250	11.691	28.5	0.467	0.63
13	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_13	90	2	572	250	3.591	6.65	0.111	0.15
14	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_14	89	10	1,275	250	7.076	39.1	0.541	0.731
15	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_15	88	10	1,148	250	6.621	34.2	0.528	0.712
16	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_16	75	8	967	250	5.877	17.9	0.293	0.396
17	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_17	75	8	1,185	250	6.759	17.2	0.293	0.396
18	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_18	82	10	797	250	5.038	27.9	0.449	0.606
19	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_19	80	8	815	250	5.132	21.8	0.34	0.459
20	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_20	70	8	1,017	250	6.094	13.8	0.25	0.338
21	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_21	90	2	410	250	2.153	6.98	0.111	0.15
22	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_22	83	13	2,566	250	10.113	39.2	0.6	0.81
23	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_23	80	20	1,647	250	8.187	56.7	0.849	1.146
24	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_24	80	16	1,223	250	6.893	44.9	0.679	0.917
25	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_25	81	16	2,758	250	10.427	45.9	0.699	0.943
26	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_26	81	16	2,937	250	10.699	45.9	0.699	0.943
27	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_27	83	13	2,593	250	10.159	39.1	0.6	0.81
28	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_28	81	16	3,141	250	10.992	46	0.699	0.943
29	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_29	70	13	754	250	4.796	21.8	0.407	0.549
30	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_30	90	2	501	250	3.017	6.61	0.111	0.15
31	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_31	90	2	281	250	0.505	6.55	0.111	0.15
32	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_32	87	5	623	250	3.966	17.5	0.257	0.347

33	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_33	70	8	1,120	250	6.515	14.2	0.25	0.338
34	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_34	80	10	1,156	250	6.649	28.6	0.425	0.573
35	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_35	84	8	1,794	250	8.559	25.6	0.38	0.513
36	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_36	83	6	1,675	250	8.26	18.1	0.277	0.374
37	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_37	86	8	2,025	250	9.084	27.3	0.401	0.541
38	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_38	84	4	784	250	4.964	11.4	0.19	0.256
39	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_39	84	4	782	250	4.952	11.5	0.19	0.256
40	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_40	84	4	880	250	5.468	11.5	0.19	0.256
41	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_41	84	8	1,504	250	7.793	25.6	0.38	0.513
42	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_42	85	4	1,021	250	6.109	12.4	0.195	0.263
43	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_43	55	5	189	250	-1.219	3.43	0.09	0.122
44	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_44	55	5	174	250	-1.573	3.43	0.09	0.122
45	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_45	63	8	187	250	-1.268	8.34	0.197	0.266
46	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_46	86	4	589	250	3.725	14.6	0.2	0.27
47	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_47	84	4	564	250	3.536	12.2	0.19	0.256
48	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_48	50	10	3,263	250	11.157	0.31	0.145	0.196
49	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_49	84	8	1,223	250	6.896	22.9	0.38	0.513
50	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_50	84	8	1,638	250	8.163	22.9	0.38	0.513
51	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_51	80	13	1,026	250	6.13	28.9	0.552	0.745
52	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_52	80	13	1,085	250	6.374	29.2	0.552	0.745
53	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_53	87	6	2,436	250	9.887	20.1	0.308	0.416
54	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_54	55	5	475	250	2.785	3.54	0.09	0.122
55	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_55	55	5	441	250	2.468	1.25	0.09	0.122
56	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_56	78	10	695	250	4.439	25.6	0.401	0.541
57	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_57	78	13	1,960	250	8.944	33.4	0.521	0.703
58	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_58	81	10	905	250	5.587	28.8	0.437	0.59
59	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_59	85	10	995	250	5.999	33.4	0.488	0.658
60	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_60	88	8	7,133	250	14.554	29.4	0.422	0.57
61	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_61	84	8	2,997	250	10.787	25.8	0.38	0.513
62	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_62	75	6	1,052	250	6.24	7.9	0.22	0.297
63	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_63	80	13	8,367	250	15.246	17.5	0.552	0.745
64	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_64	52	13	380	250	1.824	3.23	0.207	0.279
65	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_65	80	8	1,625	250	8.129	20.8	0.34	0.459
66	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_66	80	13	4,241	250	12.295	33.7	0.552	0.745
67	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_67	80	13	3,553	250	11.526	34.3	0.552	0.745

68	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_68	80	13	850	250	5.312	30.7	0.552	0.745
69	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_69	80	13	413	250	2.184	29.6	0.552	0.745
70	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_70	80	13	503	250	3.039	31.6	0.552	0.745
71	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_71	80	13	511	250	3.103	29.4	0.552	0.745
72	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_72	80	8	1,660	250	8.221	22.2	0.34	0.459
73	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_73	88	13	3,488	250	11.447	46.1	0.686	0.926
74	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_74	79	8	1,687	250	8.291	19.7	0.33	0.446
75	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_75	79	8	1,381	250	7.421	19.7	0.33	0.446
76	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_76	79	8	1,352	250	7.33	19.7	0.33	0.446
77	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_77	84	6	575	250	3.615	20.5	0.285	0.384
78	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_78	84	6	535	250	3.307	20.6	0.285	0.384
79	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_79	89	6	736	250	4.687	19.5	0.325	0.439
80	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_80	79	8	480	250	2.831	21.4	0.33	0.446
81	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_81	80	8	1,152	250	6.637	20.9	0.34	0.459
82	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_82	81	8	955	250	5.822	22.3	0.349	0.472
83	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_83	83	8	626	250	3.988	24.5	0.369	0.499
84	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_84	90	2	316	250	1.024	7.4	0.111	0.15
85	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_85	86	6	1,111	250	6.478	17.4	0.3	0.406
86	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_86	87	6	1,283	250	7.104	20.9	0.308	0.416
87	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_87	80	8	1,043	250	6.203	21.3	0.34	0.459
88	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_88	90	2	742	250	4.723	7.38	0.111	0.15
89	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_89	90	2	454	250	2.59	7.09	0.111	0.15
90	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_90	90	6	2,314	250	9.664	23.6	0.333	0.45
91	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_91	90	6	4,034	250	12.078	23.7	0.333	0.45
92	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_92	88	6	1,007	250	6.051	23.1	0.317	0.427
93	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_93	90	8	2,827	250	10.534	28.7	0.444	0.6
94	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_94	90	8	2,339	250	9.71	28.5	0.444	0.6
95	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_95	76	10	1,149	250	6.625	23.5	0.378	0.51
96	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_96	87	6	1,249	250	6.988	21.7	0.308	0.416
97	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_97	80	8	1,529	250	7.864	21.5	0.34	0.459
98	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_98	86	6	1,229	250	6.914	22	0.3	0.406
99	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_99	90	2	348	250	1.439	6.46	0.111	0.15
100	THORAX AP/PA	Pasien EI_T 250_100	90	2	304	250	0.85	6.56	0.111	0.15