

---

**OPTIMASI DOSIS ENTRANCE SURFACE DOSE (ESD) MELALUI VARIASI FOCUS TO FILM DISTANCE (FFD) DENGAN PHANTOM PADA RADIOGRAFI THORAX KONDISI KEGAWATDARURATAN MENGGUNAKAN PESAWAT SINAR-X MOBILE**

Oleh

Deby Nopriyani<sup>1</sup>, Fisnandya Meita Astari<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

Email: [1fisnandyameitaastari@unisayogya.ac.id](mailto:1fisnandyameitaastari@unisayogya.ac.id)

---

**Article History:**

Received: 28-02-2026

Revised: 08-03-2026

Accepted: 01-04-2026

**Keywords:**

Entrance Surface Dose (ESD), Focus to Film Distance (FFD), Pesawat Sinar-X Mobile, Phantom

**Abstract: Latar Belakang:** Pemeriksaan radiografi thorax menggunakan pesawat sinar-X mobile dalam situasi darurat merupakan modalitas diagnostik penting untuk mendeteksi kelainan seperti pneumothorax, hemothorax, dan fracture tulang rusuk. Namun, situasi darurat membutuhkan Focus to Film Distance (FFD) yang lebih pendek daripada standar karena keterbatasan ruang dan posisi pasien, yang dapat meningkatkan Entrance Surface Dose (ESD). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai FFD yang dapat menghasilkan nilai ESD paling optimal pada pemeriksaan pada kondisi kegawatdaruratan thorax. **Metode:** Metode penelitian eksperimental, pengambilan data diambil secara kuantitatif dengan menggunakan phantom. Menggunakan variasi FFD yaitu 100 cm, 120 cm, 150 cm, dan 180 cm serta faktor eksposi 65 kV dan 16 mAs. Dosimeter ditempatkan di titik tengah 3 inch di bawah jugular notch, dan setiap variasi FFD diulang lima kali. Nilai ESD dihitung dengan mengalikan output radiasi, mAs, FFD, ketebalan objek, dan (BSF), kemudian dibandingkan dengan standar International Diagnostic Reference Level (IDRL) 2021 menggunakan Microsoft Excel. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ESD menurun seiring peningkatan FFD. Nilai ESD pada FFD 100 cm sebesar 1,21 mGy, FFD 120 cm sebesar 0,97 mGy, FFD 150 cm sebesar 0,49 mGy, dan FFD 180 cm sebesar 0,31 mGy. Hanya pada FFD 180 cm nilai ESD berada di bawah batas IDRL 2021 ( $\leq 0,4$  mGy), nilai FFD paling optimal yang digunakan pemeriksaan thorax pada kasus kegawatdaruratan menurut (Tjuanda, 2021) adalah 120 cm. **Kesimpulan:** Berdasarkan hasil penelitian, nilai FFD yang dapat menghasilkan nilai ESD paling optimal pemeriksaan radiografi thorax pada kondisi kegawatdaruratan menggunakan phantom adalah 120 cm, nilai ESD 0,97.

## PENDAHULUAN

*Thorax* merupakan rongga yang melindungi organ vital seperti paru - paru, jantung, trakea, bronkus, dan pembuluh darah besar. Rangka *thorax* dibentuk oleh *sternum*, *vertebrae thoracal*, serta 12 pasang tulang iga yang berfungsi sebagai pelindung dan ruang bagi sistem pernapasan dan kardiovaskular. Paru-paru sebagai organ utama respirasi berada dalam rongga pleura dan berperan dalam pertukaran gas, sehingga kelainannya akan berdampak langsung terhadap fungsi pernapasan dan *hemodinamik* (Pearce, 2019).

Patologi pada *thorax* dapat berupa *pneumonia*, *efusi pleura*, *pneumothorax*, *hemothorax*, edema paru akut, hingga trauma *thorax*. Beberapa dari kondisi ini dapat berkembang menjadi kegawatdaruratan yang mengancam jiwa. Pneumotoraks tensi, hemotoraks masif, edema paru akut, dan trauma *thorax* adalah contoh patologi *thorax* yang memerlukan diagnosis segera menggunakan radiografi *thorax* (Lampignano & Kendrick, 2018). Pemeriksaan radiografi *thorax* menjadi pemeriksaan pertama yang dilakukan pada kondisi kegawatdaruratan karena cepat, mudah, dan mampu menampilkan struktur anatomi secara jelas (Santoso et al, 2014).

Gawat darurat merupakan situasi klinis yang memerlukan tindakan medis secepat mungkin untuk menyelamatkan nyawa serta mencegah risiko kecacatan. Pelayanan kepada pasien dalam keadaan gawat darurat harus dilakukan dengan cepat, tepat, dan cermat. Penegakan diagnosis abdomen tidak hanya melibatkan anamnesis dan pemeriksaan fisik, tetapi juga memerlukan pemeriksaan penunjang radiologi yang memiliki peranan sangat penting dalam proses diagnosis tersebut (Hikmah et al., 2025)

“...Dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan...” (QS. *Al-Baqarah: 195*).

Ayat ini menekankan pentingnya menjaga keselamatan dan menghindari hal-hal yang dapat membahayakan diri, termasuk paparan radiasi yang berlebihan pada pasien. Hal ini sejalan dengan prinsip proteksi radiasi ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) yang menjadi dasar optimasi dosis pada radiografi *thorax*.

Salah satu parameter yang digunakan untuk menilai dosis radiasi pada pemeriksaan sinar-X adalah *Entrance Surface Dose* (ESD). ESD menyatakan jumlah dosis pada permukaan tubuh objek atau pasien saat terkena paparan radiasi langsung (Apriantoro et al., 2018). Pengukuran ESD dapat dilakukan menggunakan *Termoluminescent Dosimeter* (TLD) yang ditempelkan pada phantom atau pasien. Monitoring ESD penting dilakukan karena dosis yang diterima pasien harus berada dalam batas aman sesuai *Investigation Derived Reference Level* (IDRL) yang ditetapkan BAPETEN. Untuk *thorax* dewasa, IDRL menetapkan batas acuan dosis sebesar 0,4 mGy (BAPETEN, 2021).

Salah satu pendekatan untuk mengoptimalkan ESD adalah melalui variasi *Focus to Film Distance* (FFD). FFD merupakan jarak antara sumber radiasi dan detektor yang dapat mempengaruhi kualitas gambar dan dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Dengan menerapkan variasi FFD dan menggunakan phantom, diharapkan dapat ditemukan cara untuk mengurangi ESD tanpa mengorbankan kualitas diagnostik. Teknik kV tinggi juga relevan dalam konteks ini, di mana penggunaan tegangan tinggi dengan menurunkan mAs dapat menghasilkan gambar berkualitas baik sambil meminimalkan dosis radiasi (Suyudi et al., 2022).

Penelitian mengenai ESD pada radiografi *thorax* telah dilakukan sebelumnya. (Apriantoro

et al, 2014) menemukan bahwa pengaturan kVp–mAs tertentu dapat menghasilkan ESD yang optimal yaitu 0,098 mGy pada pemeriksaan thorax CR. Brennan et al. (2004) membuktikan bahwa peningkatan FFD dari 100 cm menjadi 130 cm menurunkan dosis efektif sebesar 33–44% tanpa menurunkan kualitas citra. Penelitian Yoo et al. (2014) menunjukkan bahwa peningkatan focus-surface distance (FSD/FFD) berbanding terbalik dengan nilai ESD.

Namun, penelitian-penelitian tersebut dilakukan pada kondisi radiografi rutin, bukan pada situasi gawat darurat yang memiliki kondisi geometris berbeda, termasuk keterbatasan ruang dan posisi pasien. Oleh karena itu, penelitian mengenai optimasi ESD melalui variasi FFD menggunakan phantom dengan simulasi kondisi gawat darurat sangat penting untuk mengisi gap penelitian yang belum banyak dikaji.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian berjudul “Optimasi Dosis ESD Melalui Variasi FFD dengan *Phantom* pada Radiografi Thorax Kondisi Kegawatdaruratan” perlu dilakukan untuk menentukan FFD optimal yang dapat menurunkan dosis radiasi tanpa mengurangi kualitas citra, sehingga keselamatan pasien dalam kondisi gawat darurat tetap terjaga.

## LANDASAN TEORI

### 1. Sinar-X

Sinar-X ditemukan oleh Wilhem Conrad Rontgen pada tahun 1895. Penggunaan sinar-X untuk keperluan diagnosa karena sinar-X mampu memberikan informasi mengenai tubuh manusia tanpa memerlukan operasi bedah. Informasi tubuh manusia dapat diketahui melalui gambar yang terbentuk pada permukaan film. Yulianti (2001) dalam Hadinata, dkk (2019).

Sinar-X merupakan pancaran gelombang elektromagnetik buatan yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya dari ultraviolet tapi memiliki panjang gelombang yang sangat pendek yaitu 1/10000 panjang gelombang cahaya tampak, sehingga memiliki daya tembus yang tinggi terhadap benda. Sinar-X di dalam bidang radiologi dimanfaatkan untuk mendiagnosa penyakit (Rasad, 2019).

### 2. Radiografi Thorax pada Kondisi Kegawatdaruratan.

Situasi darurat adalah kondisi klinis yang membutuhkan perhatian medis segera untuk menyelamatkan nyawa dan mencegah kecacatan (Sugianto et al., 2023). Dalam situasi trauma toraks, baik karena trauma tumpul maupun tembus, radiografi dada merupakan modalitas awal yang penting untuk mendeteksi kelainan seperti pneumotoraks, hemotoraks, efusi pleura, dan fraktur tulang rusuk (Tjeerd et al., 2012). Dalam situasi ini, pemeriksaan tidak dapat dilakukan di ruang radiologi konvensional, sehingga mesin sinar-X portabel menjadi pilihan utama karena dapat dibawa langsung ke samping tempat tidur pasien di ruang gawat darurat atau unit perawatan intensif. Teknik proyeksi yang paling umum digunakan dalam situasi darurat adalah pandangan *Antero-Posterior* (AP) dengan pasien dalam posisi telentang atau setengah tegak, tidak seperti pemeriksaan rutin yang menggunakan pandangan *Postero-Anterior* (PA) dengan pasien berdiri (Lampignano, 2018). Teknik kV tinggi juga sering digunakan dalam pemeriksaan dada darurat karena dapat memberikan gambaran yang lebih detail tentang bidang paru-paru dan mediastinum dengan mAs yang lebih rendah, sehingga mengurangi dosis radiasi tanpa mengorbankan kualitas diagnostik (Suyudi et al., 2022). Oleh karena itu, pemeriksaan radiografi dada dalam situasi darurat menghadirkan

tantangan unik dalam hal teknik pemeriksaan, yang secara langsung berdampak pada dosis radiasi yang diterima oleh pasien..

### 3. **Patologi pada Thorax**

Patologi pada *thorax* dapat berupa *pneumonia*, *efusi pleura*, *pneumothorax*, *hemothorax*, edema paru akut, hingga trauma thorax. Beberapa dari kondisi ini dapat berkembang menjadi kegawatdaruratan yang mengancam jiwa. Pneumotoraks tensi, hemotoraks masif, edema paru akut, dan trauma thorax adalah contoh patologi thorax yang memerlukan diagnosis segera menggunakan radiografi thorax (Lampignano & Kendrick, 2018). Pemeriksaan radiografi thorax menjadi pemeriksaan pertama yang dilakukan pada kondisi tersebut karena cepat, mudah, dan mampu menampilkan struktur anatomi secara jelas (Santoso et al, 2014).

### 4. **Teknik kV Tinggi**

Teknik kV tinggi merupakan suatu pengembangan teknik radiografi dengan memanfaatkan tegangan (kV) tinggi dengan menurunkan nilai mAs untuk menghasilkan gambaran radiografi yang sama dengan kondisi kV standar pada sebuah pemeriksaan. Teknik kV tinggi bisa digunakan pada pemeriksaan *thorax* secara rutin, karena bisa menampilkan lapangan paru dan mediastinum lebih detail serta dapat memperlihatkan kelainan di belakang iga (Suyudi et al, 2022).

Teknik kV tinggi adalah metode untuk mengurai dosis radiasi pada pasien. Ketika kVp tinggi digunakan, grid rasio tinggi harus digunakan juga. Saat rasio grid meningkat, redaman radiasi hamburan juga meningkat. Saat membuat radiografi thorax, dibutuhkan kontras subjek yang tinggi. Jaringan paru-paru memiliki kepadatan massa yang sangat rendah, struktur tulang memiliki kepadatan massa, dan struktur mediastinum memiliki kepadatan massa menengah. kVp tinggi dan mAs rendah digunakan untuk menghasilkan gambar dengan kontras yang baik dan dosis radiasi yang rendah. Bushong (2016) dalam Sagam Ramantisan, dkk (2022)

### 5. **Focus to Film Distance (FFD)**

*Focus to Film Distance* (FFD), adalah jarak antara titik fokus tabung sinar-X dan detektor atau film penerima gambar (Cicillia Artitin, Chairun Nisa, Oktavia Puspita Sari, 2024). FFD adalah salah satu faktor geometris penting dalam radiografi yang memengaruhi intensitas sinar-X yang mencapai detektor sesuai dengan hukum kuadrat terbalik, di mana intensitas radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumber (Seeram & Brennan, 2017). Dalam pemeriksaan dada standar di ruang radiologi konvensional, FFD yang direkomendasikan adalah 180 cm untuk proyeksi PA, sedangkan untuk proyeksi AP umumnya digunakan 100–150 cm tergantung pada kondisi klinis (Lampignano, 2018). Fitzgerald & Lockwood (2025) juga menunjukkan bahwa pengurangan SID dari 180 cm menjadi 150 cm meningkatkan ESD sebesar 40,1%, dan penurunan hingga 100 cm meningkatkan dosis hingga 121,5%. (Manik, 2022) melaporkan bahwa variasi FFD pada proyeksi PA juga mempengaruhi informasi anatomi radiograf thorax secara signifikan. Berdasarkan berbagai temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa FFD adalah parameter geometris yang sangat krusial dalam menentukan besaran dosis radiasi yang diterima pasien, sehingga penetapan nilai FFD yang tepat menjadi bagian penting dari upaya optimasi proteksi radiasi.

### 6. **Entrance Surface Dose (ESD)**

*Entrance Surface Dose* (ESD) adalah besaran dosis radiasi yang diterima pada permukaan kulit pasien di titik masuk berkas sinar-X primer, termasuk kontribusi dari radiasi hambur balik (backscatter) (Santoso et al., 2014). ESD dinyatakan dalam satuan Gray (Gy) dan merupakan salah satu besaran dosimetri yang paling relevan dalam pemantauan dosis pasien pada pemeriksaan radiografi konvensional karena dapat diukur secara langsung maupun dihitung menggunakan formula. Formula perhitungan ESD memperhitungkan keluaran radiasi tabung sinar-X (output), nilai mAs, jarak SID, ketebalan objek, serta Back Scatter Factor (BSF) yang mencerminkan kontribusi radiasi hambur balik dari jaringan (Seeram & Brennan, 2017). Wulandari et al. (2024) menegaskan bahwa ESD menjadi indikator penting dalam proteksi radiasi karena berkaitan langsung dengan risiko efek stokastik maupun deterministik pada jaringan kulit dan organ superfisial. Nilai ESD yang dihasilkan pada pemeriksaan radiografi thorax dipengaruhi oleh sejumlah faktor teknis, antara lain tegangan tabung (kVp), arus-waktu (mAs), FFD, serta penggunaan grid (Santoso et al., 2014). Sebagai acuan keselamatan, nilai ESD hasil pemeriksaan dibandingkan dengan International Diagnostic Reference Levels (IDRL) 2021 yang ditetapkan sebagai nilai batas dosis rujukan diagnostik internasional. Dengan demikian, pemantauan dan optimasi nilai ESD merupakan langkah esensial dalam menjamin keselamatan pasien sekaligus mempertahankan kualitas citra diagnostik yang memadai.

## 7. Prinsip ALARA dan Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi merupakan upaya sistematis yang dilakukan untuk melindungi manusia dan lingkungan dari efek berbahaya radiasi pengion (IAEA, 2014). Prinsip dasar proteksi radiasi mencakup tiga aspek utama, yaitu justifikasi (pemeriksaan hanya dilakukan bila manfaatnya lebih besar dari risikonya), optimasi (dosis dijaga serendah mungkin yang dapat dicapai secara wajar), dan limitasi (dosis tidak melampaui batas yang telah ditetapkan) (Seeram & Brennan, 2017). Optimasi proteksi radiasi dalam praktik klinis dikenal dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), yang mengharuskan setiap tindakan radiografi dilakukan dengan dosis serendah mungkin namun tetap menghasilkan citra diagnostik yang memadai (Wulandari et al., 2024). Dalam konteks pemeriksaan radiografi thorax menggunakan pesawat sinar-X mobile, penerapan prinsip ALARA sangat penting mengingat tingginya frekuensi pemeriksaan dan potensi akumulasi dosis pada pasien kritis yang menjalani pemeriksaan berulang di ICU (Pangestu et al., 2022). menekankan bahwa kepatuhan terhadap prinsip keselamatan radiasi di instalasi radiologi, termasuk pada penggunaan peralatan mobile, harus senantiasa dijaga melalui pengaturan teknis yang tepat. Secara keseluruhan, penerapan prinsip ALARA dalam setiap aspek teknis pemeriksaan radiografi, termasuk pemilihan nilai FFD yang optimal, merupakan tanggung jawab profesional radiografer dalam memberikan pelayanan yang aman dan berkualitas bagi pasien.

## 8. Nilai DRL (*Diagnostic Reference Level*)

Seorang Fisikawan Medik memiliki tanggung jawab dalam menentukan pemberian dosis radiasi serendah-rendah mungkin, sesuai dengan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) (Rahman et al., 2020). Untuk menggunakan prinsip ALARA dapat diketahui dengan mengetahui DRL dimana DRL digunakan sebagai alat optimasi dalam melakukan proteksi radiasi terhadap pasien sebagai upaya untuk pencegahan paparan

radiasi yang berlebih pada pasien.

#### 9. INAK (*Incident Air Kerma*)

Radiasi sinar-X memiliki keluaran berupa besarnya sebuah nilai paparan radiasi atau kerma udara pada berkas utama sinar-X yang diukur pada udara bebas pada jarak tertentunamun pada umumnya berjarak 100 cm dari titik fokus tanpa adanya kontribusi hamburan balik, pada peristiwa tersebut dapat dikatakan dengan INAK (BATAN, 2018). Pada pesawat sinar-X radiologi diagnostik, dosis serapan dan kerma mempunyai nilai yang sama namun pada keadaan foton yang tinggi nilai kerma akan lebih besar dari dosis serap. Hal ini dikarenakan elektron sekunder energi tinggi terlepas sebelum mengendapkan energinya (Reni & Muasisatul Khoirot, Muhammad Helmi Hakim, Yuniar Alam, 2023).

#### 10. ESAK (*Entrance Surface Air Kerma*)

Dalam pencitraan medis pengukuran paparan radiasi dikenal dengan istilah "Entrance Surface Air Kerma" (ESAK) yaitu pengukuran paparan radiasi pada pusat penyinaran sinar-X. Salah satu metode pengukuran ESAK dengan menentukan radiation output dari pesawat sinar-X. Dosis pasien ditentukan oleh beberapa parameter sinar-X seperti kV, mAs, Grid, SID, filter, kolimasi berka (Reni & Muasisatul Khoirot, Muhammad Helmi Hakim, Yuniar Alam, 2023).

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental pengambilan data secara kuantitatif, di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta pada bulan April 2026. Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah *phantom thorax*. Yang bertujuan untuk menganalisis optimasi nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) melalui variasi *Focus To Film Distance* (FFD) pada pemeriksaan radiografi *thorax* kegawatdaruratan menggunakan mesin X- ray *mobile*. Penelitian ini menguji jarak FFD yang optimal untuk pemeriksaan kegawatdaruratan *thorax* dengan prosedur radiografi *thorax*, dengan objek berupa *phantom thorax* yang diuji melalui variasi FFD, yaitu 100 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm. Pengumpulan data dilakukan dengan metode penelitian eksperimental menggunakan dosimeter (Raysafe) yang ditempatkan pada permukaan *phantom* untuk mengukur nilai ESD, dengan parameter paparan terkontrol pada 65 kV dan 16 mAS, dan setiap perlakuan diulang lima kali untuk mendapat data yang *reliable*. Prosedur pengambilan data evaluasi ESD (*Entrance Surface Dose*) pada pemeriksaan *thorax* menggunakan variasi FFD:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pengukuran ESD (*Entrance Surface Dose*) yaitu menggunakan pesawat sinar-x, alat ukur dosimeter, *phantom thorax*, meteran, alat tulis, laptop, *handphone*, pedoman observasi, dan data variasi FFD.
2. Selanjutnya melakukan pemeriksaan radiologi *thorax* proyeksi AP (*Anteroposterior*), *phantom thorax* diposisikan supine di atas meja pemeriksaan, *central point* tepat berada di 3 inch (7,6 cm *inferior jugular notch*), mengatur *central point* tepat berada di 3 inch (7,6 cm *inferior jugular notch*), arah sinar tegak lurus dan menggunakan FFD 100, 120, 150, 180 cm.
3. Meletakkan alat ukur dosimeter tepat pada *central point* dalam keadaan on.
4. Selanjutnya mengatur faktor eksposi sesuai dengan data dan pedoman observasi.

**Tabel 1.** Data Variasi FFD

NO	FFD
1.	100
2.	120
3.	150
4.	180

**Tabel 2.** Data kV mAs (Irsal et al., 2023)

kV	mAs
65	16

5. Kemudian melakukan eksposi, setiap variasi FFD di ulang sebanyak 5 kali eksposi.
6. Mencatat hasil pengukuran yang dapat dilihat di monitor alat dosimeter.
7. Setelah selesai melakukan eksposi, selanjutnya menghitung nilai *output* rata rata yang keluar dari alat ukur dosimeter.
8. Kemudian menghitung nilai *tube output* radiasi dengan cara:  $\frac{\mu Gy}{mAs}$
9. Kemudian untuk nilai jarak antara sumber dengan pasien *Focus to Skin Distance* (FSD) diestimasi dari nilai *Focus to Detector Distance* (FDD) digunakan untuk mengestimasi nilai *Focus to Skin Distance* (FSD).
10. Kemudian menentukan nilai ESD (*Entrance Surface Dose*) dengan cara:

$$ESD = BSF \times TO \times \frac{(FDD)^2}{(FSD)} \times mAS$$

BSF= 1.35 (Azmi Anugrah et al., 2018)

11. Analisa dilakukan berdasarkan hipotesis yang telah dibuat  $H_0 =$  jika nilai dosis serap radiasi pada pemeriksaan Thorax PA  $\leq 0,4$  mGy, maka  $H_0$  diterima yang berarti nilainya tidak melebihi dari nilai batas dosis pada IDRL 2021.  $H_a =$  jika nilai dosis serap radiasi pada pemeriksaan Thorax PA dewasa  $>0,4$  mGy, maka  $H_a$  ditolak yang berarti nilainya melebihi dari nilai batas dosis pada IDRL 2021.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta. Hasil penelitian yang meliputi data berupa variasi FFD, ketebalan objek, jarak FSD. Pengukuran dilakukan pada bulan April 2026 dengan meletakan dosimeter diatas *phantom thorax* lalu di ekspose dengan variasi FFD. Pengukuran dilakukan berulang sebanyak 5 kali setiap variasi FFD. Hasil pengukuran yang muncul pada monitor dosimeter di catat kemudian dihitung menggunakan rumus ESD (*Entrance Surface Dose*) sehingga hasil nilai rata-rata dosis serap yang didapatkan dari kV 65 mAS 16 FFD 100 cm, 120 cm, 150 cm, 180cm, dibandingkan dengan batas dosis pada tabel *Indonesian Diagnostik Reference Level* (IDRL) 2021 yaitu di bawah 0,4 mGy.

**Tabel 3.** Variasi FFD

FFD
-----

---

**100 cm**

---

---

**120 cm**

---

---

**150 cm**

---

---

**180 cm**

---

Berdasarkan tabel 3. Karakteristik rentang FFD yaitu 100 cm, 120 cm, 150 cm, 180cm.

GHAlat dan bahan yang digunakan *Thorax Phantom* merk Anthropomorphic, Pesawat sinar-X *mobile* merk BMI type Jolly 20 Plus, dengan max 125 kVp, 500 mA. Dosimeter jenis *Raysafe*, Alat tulis, kertas penanda, *Handphone* untuk dokumentasi, meteran, tabir pelindung portabel, meja pasien dan *microsoft Excel*.



**Gambar 1.** Pesawat X- Ray Mobile



**Gambar 2.** Dosimeter *Raysafe*



**Gambar 3. Phantom**

Setelah alat dan bahan siap, kemudian hidupkan pesawat sinar-x, arahkan *central ray* (CR) tegak lurus dengan *phantom*. Tempatkan *radiation detector* tepat di *central point* (CP) *phantom thorax* (3 inch dibawah *jugular notch*). Atur 65 kV 16 mAs dengan variasi FFD yang akan di uji. Kemudian lakukan setiap kali variasi FFD 5 kali uji *ekspose*. Kemudian di layar monitor Raysafe akan muncul nilai pada Tabel 4 hingga Tabel 7, dan gambar 4.



**Gambar 4. Nilai Output Radiasi Dalam Satuan  $\mu\text{Gy}$ .**

**Tabel 4. Dengan Variasi FFD 100**

Uji	kVP	$\mu\text{Gy}$	ms
1	63.1	544.4	71.6
2	63.0	554.1	71.6
3	62.8	553.1	71.6
4	63.2	554.9	71.6
5	63.1	554.6	71.6

**Tabel 5. Dengan Variasi FFD 120**

Uji	kVp	$\mu\text{Gy}$	ms
1	62.8	481.6	71.6
2	62.9	483.9	71.8

3	63.0	482.8	71.7
4	63.0	483.7	71.7
5	62.8	482.4	71.8

Tabel 6. Dengan Variasi FFD 150

Uji	kVp	$\mu\text{Gy}$	ms
1	63.4	261.1	71.9
2	63.2	264.3	71.9
3	63.5	264.2	71.9
4	63.1	264.4	71.9
5	63.4	265.1	71.9

Tabel 7. Dengan Variasi FFD 180

Uji	kVp	$\mu\text{Gy}$	ms
1	63.6	176.4	71.8
2	63.9	175.5	70.7
3	63.5	175.2	70.7
4	63.9	175.6	70.7
5	63.7	176.2	70.8

Setelah mendapatkan hasil keluaran radiasi dengan variasi FFD (Tabel 2 hingga Tabel 5) siapkan *Microsoft Excel* untuk menghitung nilai ESD dengan menggunakan rumus persamaan (1).

Dengan mencari nilai  $\text{FSD} = \text{FFD} \cdot t$  (ketebalan *phantom*).

Tabel 8. Perhitungan Nilai FSD

FFD	t ( ketebalan phantom )	FSD
100	21,5	78.5
120	21,5	98.5
150	21,5	128.5
180	21,5	158.5

Setelah mendapatkan nilai FSD kemudian hitung ESD dengan rumus (2) dengan mengubah satuan  $\mu\text{Gy}$  ke mGy kemudian hitung rata-rata mGy per-variasi FFD-nya. Menggunakan nilai BSF (*Back Scatter Factor*) 1,35 sesuai dengan yang ditetapkan IAEA (BAPETEN, 2024). Kemudian hitung nilai TO (*tube output*) dengan cara (mGy/mAs).

Setelah mendapatkan nilai FSD kemudian hitung ESD dengan rumus (2) dengan mengubah satuan  $\mu\text{Gy}$  ke mGy kemudian hitung rata-rata mGy per-variasi FFD-nya. Menggunakan nilai BSF (*Back Scatter Factor*) 1,35 sesuai dengan yang ditetapkan IAEA (BAPETEN, 2024). Kemudian hitung nilai TO (*tube output*) dengan cara (mGy/mAs).

Tabel 7. Hasil Perhitungan ESD dengan Variasi FFD

FFD	Rata-rata ( $\mu\text{Gy}$ )	TO	mGy	FSD	ESD
100	552.22	0.034514	0.55222	78.5	1.21
120	482.88	0.03018	0.48288	98.5	0.97
150	263.82	0.016489	0.26382	128.5	0.49
180	175.78	0.010986	0.17578	158.5	0,31

## Pembahasan

Berdasarkan hasil pada penelitian ini, nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) menurun seiring dengan peningkatan *Focus to Film Distance* (FFD). Nilai ESD pada FFD 100 cm sebesar 1,21 mGy, kemudian menurun pada FFD 120 cm menjadi 0,97 mGy. Penurunan lebih lanjut terjadi pada FFD 150 cm sebesar 0,49 mGy, dan nilai terendah pada FFD 180 cm sebesar 0,31 mGy.

Berdasarkan ketentuan dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Badan & Tenaga, 2003), nilai dosis radiasi pada pasien perlu dikendalikan melalui penerapan *Diagnostic Reference Level* (DRL), untuk pemeriksaan thorax nilai ESD umumnya adalah 0,4 mGy. Nilai ini digunakan sebagai acuan untuk memastikan bahwa dosis yang diberikan tidak melebihi batas yang direkomendasikan tanpa mengurangi kualitas diagnostik citra. Dalam praktiknya, nilai ESD pada pemeriksaan thorax dapat meningkat terutama pada kondisi kegawatdaruratan, karena penggunaan teknik mobile X-ray dengan proyeksi AP, posisi pasien yang tidak ideal (supine), serta jarak FFD yang lebih pendek. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan intensitas radiasi yang diterima permukaan tubuh pasien sehingga ESD menjadi lebih tinggi dibandingkan pemeriksaan thorax standar (Badan & Tenaga, 2003)

Menurut (Tjuanda, 2021), menunjukkan bahwa FFD 120 cm menghasilkan kualitas radiografi yang lebih optimal dibandingkan FFD 160 cm dan 180 cm, terutama dalam hal densitas, kontras, dan detail anatomi yang lebih jelas sehingga lebih mudah dianalisis. Hal ini menjadi penting dalam kondisi kegawatdaruratan, di mana kecepatan dan ketepatan diagnosis sangat dibutuhkan. Meskipun menurut (Lampignano, 2018) FFD 180 cm direkomendasikan karena mampu menurunkan dosis hingga berada di bawah batas IDRL ( $\leq 0,4$  mGy), namun kualitas citra dan kondisi teknis di lapangan harus tetap menjadi pertimbangan utama. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi tertentu, terutama pada penggunaan pesawat mobile, FFD 120 cm dapat menjadi pilihan optimal secara praktis (Tjuanda, 2021).

Menurut peneliti, pada pemeriksaan radiografi thorax dalam kondisi kegawatdaruratan, penggunaan *Focus to Film Distance* (FFD) sebesar 120 cm merupakan pilihan yang paling realistis dalam praktik klinis. Hal ini disebabkan karena di lapangan, khususnya di ruang ICU dan IGD, penggunaan pesawat sinar-X mobile memiliki keterbatasan ruang dan posisi pasien sehingga tidak memungkinkan untuk menerapkan FFD yang lebih panjang seperti 150–180 cm. Meskipun berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa FFD 180 cm menghasilkan nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) paling rendah, penerapannya secara klinis seringkali tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, FFD 120 cm dipilih sebagai alternatif yang optimal karena masih dapat menghasilkan kualitas citra yang diagnostik dengan dosis radiasi yang relatif dapat diterima, sehingga menjadi kompromi antara aspek proteksi radiasi dan keterbatasan teknis di lapangan.

Sebaiknya pemeriksaan radiografi *thorax* pada kasus kegawatdaruratan menggunakan pesawat sinar-X menggunakan FFD 120 cm.

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian ini nilai FFD yang dapat menghasilkan nilai ESD paling optimal pada pemeriksaan radiografi thorax pada kondisi kegawatdaruratan menggunakan *phantom* adalah 120 cm, dengan nilai ESD 0,97 mGy.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Badan, K., & Tenaga, P. (2003).. 1–28.
- [2] Cicillia Artitin, Chairun Nisa, Oktavia Puspita Sari, N. A. (2024). *Uji Kesamaan Berkas Kolimator Dengan Variasi Jarak Ffd (Focus Film Distance) Pada Pesawat Sinar-X.November*. <http://dx.doi.org/10.30633/jsm.v7i2.2849>
- [3] Fitzgerald, A., & Lockwood, P. (2025). The effect to dose and diagnostic quality of limiting source-to-image distance on anterior-posterior semi-erect adult chest X-rays. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 56(4), 101986. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2025.101986>
- [4] Hikmah, H., Astari, F. M., Utami, A. P., Jl, A., No, S., Sawah, A., Gamping, K., & Sleman, K. (2025). *Studi Kasus Pemeriksaan Radiografi Kegawatdaruratan Abdomen Akut pada Kasus Ileus Obstruktif di RSI Sultan Agung Semarang. VOLUME 9.* <https://doi.org/https://doi.org/10.57214/jka.v9i2.908>
- [5] I Nyoman Yosua, Gusti Ngurah Sutapa, I Ketut Putra, Ida Bagus Suryatika, Hery Suyanto, & Ida Bagus Alit Paramarta. (2024). The Effect of Focus Film Distance Variation on Patient Absorbed Dose in Thorax Examination with Roentgen Machine in Radiology Installation of Sanjiwani Hospital Gianyar. *Kappa Journal*, 8(3), 446–450. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i3.28113>
- [6] Kenneth L, B. and Lampignano, J.P. (2018) Text Book Of Radiographic Positioning and Related Anatomy Eighth Edition, Elsevier.Kenneth L, B. and Lampignano, J.P. (2014) Text Book Of Radiographic Positioning and Related Anatomy Eighth Edition, E. (2018).
- [7] Kenneth L, B. and Lampignano, J. P. 2018. (2018). *Bontranger 2018 E-Book*.
- [8] Manik, J. W. (2022). *Evaluasi Kesesuaian Lapangan Kolimasi pada Alat Mobile X-1(1)*,26–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.59032/jpsi.v1i1.7321>
- [9] *Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2024 (BAPETEN)*. (n.d.).
- [10] Reni, & Muasisatul Khoirot, Muhammad Helmi Hakim, Yuniar Alam, R. S. A. . (2023). *Analisis Nilai Drl Parameter Esak / Inak Pemeriksaan Thorax Ap / Pa X-Ray Canon*. 3(2), 61–68.
- [11] Santoso, B., Apriantoro, N. H., & Anita, F. (2014). Analisis Optimasi Citra Radiografi Pada Pemeriksaan Thorax Sistem Computed Radiography ( CR ) Terhadap Entrance Surface Dose ( ESD ). *Ilmiah GIGA*, 17(1), 1–8.
- [12] Seeram, E., & Brennan, P. C. (2017). *RADIATION in Diagnostic X-Ray Imaging*. 1–26.
- [13] Sugianto, Rammang, S., & Rahman, A. (2023). Hubungan Beban Kerja terhadap Waktu Tanggap Perawat Gawat Darurat Menurut Persepsi Pasien di Ruang IGD Rumah Sakit Banggai Laut. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 21685–21693.
- [14] Suyudi, I., Utomo, Y. A., Susilawati, S., Agustin, S. A., Studi, P., Radiodiagnostik, D. I. I. I., & Cirebon, S. (2022). *Analisa Perbandingan Radiograf Pada Pemeriksaan Thoraks Dengan Menggunakan Teknik Kv Standar Dan Teknik Kv Tinggi Di Instalasi*. 3(03), 96–102.
- [15] Tjeerd S Aukema, Ludo FM Beenen, Falco Hietbrink, L. P. L. (2012). *Initial assessment of chest X-ray in thoracic trauma patients: Awareness of specific injuries*. 4(2), 48–52. <https://doi.org/10.4329/wjr.v4.i2.48>
- [16] Tjuanda, Y. (2021). *Quality Analysis Of Thorax Radiography Images In Postero Anterior Projection ( PA ) With Focus Film Distance ( FFD ) Variations In The Radiology*

- 
- Installation Of Sundari General Hospital.* 2(2), 653–660.  
<https://doi.org/10.53695/injects.v2i2.1072>
- [17] Wulandari, P. I., Kadek, N., Adi, R., & Bayu, M. (2024). *Analisis Nilai Esak Pada Pemeriksaan Radiografi Thorax Pa : Studi Pengaruh Faktor Eksposi Dan.* 8, 3605–3612.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.59032/jpsi.v1i1.7321>

---

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN