
OPTIMASI DOSIS ENTRANCE SURFACE DOSE (ESD) MELALUI VARIASI FAKTOR EKSPOSI DENGAN PHANTOM PADA RADIOGRAFI ABDOMEN KONDISI KEGAWATDARURATAN

Oleh

Jusi Yuliandani¹, Fisnandya Meita Astari²

^{1,2}Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

Email: ¹mumaujusiy@gmail.com

Article History:

Received: 22-03-2026

Revised: 28-03-2026

Accepted: 25-04-2026

Keywords:

Abdomen, Entrance Surface Dose (ESD), Faktor Eksposi, Kegawatdaruratan

Abstract: Latar Belakang: Pemeriksaan radiografi abdomen pada kondisi kegawatdaruratan menuntut kecepatan penegakan diagnosis. Namun, tantangan klinis sering menyebabkan penggunaan faktor eksposi yang tidak optimal, yang berisiko meningkatkan paparan radiasi bagi pasien. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor eksposi dalam menghasilkan ESD paling optimal pada pemeriksaan radiografi Abdomen kondisi kegawatdaruratan. ESD (Entrance Surface Dose) merupakan indikator langsung dosis radiasi yang diterima kulit pasien. ESD perlu diteliti karena berhubungan dengan keselamatan pasien. Digunakan untuk evaluasi proteksi radiasi pasien. Menjadi dasar perbandingan dengan standar seperti DRL/IDRL, dan membantu menerapkan prinsip ALARA tetap diterakan. **Metode:** Penelitian eksperimental dengan pengambilan data secara kuantitatif. Di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta bulan Februari 2026. Nilai ESD di dapatkan dengan mengkalikan $BSF \times TO$ (Tube Output) $\times FFD/FSD^2 \times mAs$. Pengambilan data menggunakan Pesawat Sinar X, Phantom Abdomen, Dosimeter (Raysafe), Alat tulis/kertas penanda, Handphone (dokumentasi), Penggaris, Meteran, di lakukan dengan 5 kali pengulangan pada setiap variasi faktor eksposi (kV dan mAs) dengan FFD 102 cm. **Hasil:** Peningkatan tegangan (kV) yang dikompensasi dengan penurunan arus (mAs) efektif menurunkan nilai ESD. Penggunaan faktor eksposi 70 kV dan 40 mAs menghasilkan ESD 5,2 mGy, 75 kV dan 35 mAs menghasilkan 4,8 mGy, 80 kV dan 25 mAs menghasilkan 4,3 mGy, 85 kV dan 20 mAs menghasilkan 3,9 mGy, dan 90 kV dan 16 mAs menghasilkan 3,5 mGy. Nilai paling optimal dengan nilai ESD terendah sebesar 3,5 mGy (90 kV dan 16 mAs), dibandingkan teknik konvensional (70 kV dan 40 mAs) yang menghasilkan ESD sebesar 5,2 mGy. Seluruh hasil pengukuran berada

di bawah standar acuan Diagnostic Reference Level (DRL). Nilai IDRL (Indonesia Diagnostic Reference Level) yang umum digunakan adalah + 5 mGy. **Kesimpulan:** Nilai faktor eksposi yang dapat menghasilkan nilai ESD paling optimal pada pemeriksaan radiografi abdomen kondisi kegawatdaruratan menggunakan phantom adalah penggunaan variasi 90 kV dan 16 mAs dengan hasil ESD 3,5 mGy.

PENDAHULUAN

Abdomen merupakan bagian tubuh yang terletak di antara rongga dada (thoraks) dan rongga panggul bagian atas (inlet pelvis). Rongga abdomen secara umum terbagi menjadi dua wilayah besar, yaitu rongga atas (abdomen) dan rongga bawah (pelvis). Pada rongga abdomen bagian atas terdapat berbagai organ penting seperti usus halus, usus besar, hati, kantung empedu, limpa, pankreas, serta ginjal. Sementara itu, rongga bagian bawah atau pelvis berada dalam batas tulang panggul dan berisi bagian akhir dari usus besar, yaitu rektum dan sigmoid, serta organ dalam sistem urinarius. Sistem pencernaan (digestivus) terdiri dari rongga mulut, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, hingga anus. Adapun sistem urinarius mencakup ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra (Luthfiyah 2024).

Patologi yang terjadi pada Abdomen yaitu obstruksi usus yang merupakan suatu kondisi penyumbatan yang terjadi pada usus besar dan usus kecil, neoplasma merupakan pertumbuhan abnormal pada tubuh atau biasa disebut tumor ganas, peritonitis merupakan suatu kondisi peradangan yang terjadi pada usus dan *Pneumoperitoneum* merupakan suatu kondisi di mana terjadi terdapat udara pada rongga peritoneum (Lampignano and Kendrick 2018).

Kegawatdaruratan *abdomen* membutuhkan diagnosis dan tindakan segera, seperti Perforasi Viscus (kebocoran organ), Obstruksi Ileus (sumbatan usus), Iskemia Mesenterika Akut (gangguan aliran darah), dan Trauma Tumpul dengan perdarahan internal hebat. Untuk kasus-kasus ini, Radiografi Abdomen berfungsi sebagai pemeriksaan lini pertama yang krusial untuk mendeteksi tanda bahaya, seperti *Pneumoperitoneum* (udara bebas) atau *Air-Fluid Level* abnormal. Prioritas utama di Instalasi Gawat Darurat (IGD) adalah memastikan akurasi dan kecepatan pencitraan. Oleh karena itu, optimasi dosis menjadi esensial penggunaan faktor eksposi harus dikontrol secara ketat untuk mencapai kualitas diagnostik yang memadai sambil menjaga paparan radiasi pasien (*Entrance Surface Dose / ESD*) serendah mungkin sesuai prinsip ALARA (Gupta et al. 2022).

“Barang siapa menjaga satu jiwa manusia, maka seakan-akan ia telah menjaga seluruh manusia.” (HR. Bukhari dan Muslim).

Pada hadist tersebut dijelaskan bahwa kita sebagai manusia penting untuk meminta dan menjaga keselamatan baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam bidang kesehatan. Dalam bidang Radiologi, pemberian dosis kepada pasien harus seminimal mungkin untuk mencegah dari efek radiasi. Efek dosis radiasi terhadap manusia dapat muncul apabila tubuh manusia mendapatkan paparan radiasi dengan dosis yang melebihi batas ambang (efek deterministik) maupun dari akumulasi dosis yang dapat meningkatkan probabilitas timbulnya penyakit (efek stokastik) (Akhir et al. 2024).

Pemeriksaan radiografi abdomen merupakan salah satu modalitas penting untuk penegakan diagnosis terutama pada kondisi kegawatdaruratan, namun peningkatan penggunaan sinar-X menyebabkan kekhawatiran terkait tingginya paparan radiasi yang diterima pasien. Penilaian paparan seperti *Entrance Surface Dose* (ESD) menjadi krusial untuk memastikan pemeriksaan tetap aman dan sesuai prinsip proteksi radiasi (Samaila and Bello 2024).

Peningkatan ESD ini dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya, dari aspek faktor eksposi. Peningkatan *Milliampere-second* (mAs) adalah kontributor dosis paling langsung, di mana ESD akan meningkat secara linier (Samaila & Bello, 2024). Meskipun demikian, ESD juga dipengaruhi oleh Kilovoltage Peak (kVp), karena kenaikan kVp yang tidak diimbangi dengan penurunan mAs yang tepat dapat menaikkan ESD (Entrance et al. 2020). Adapun faktor pasien juga memainkan peran signifikan, karena pasien dengan tingginya Body Mass Index (BMI) atau ketebalan abdomen yang besar akan membutuhkan dosis teknis yang lebih besar, yang berkorelasi positif dan sedang dengan ESD (Pron 2017). Faktor geometri dan praktik yang kurang optimal turut menaikkan dosis. Hal ini mencakup penggunaan kolimasi yang tidak tepat (*improper field size*) yang sering terjadi dalam kondisi darurat (Peiro et al. 2021). Dan pemilihan proyeksi Anteroposterior (AP) yang memiliki ESD lebih tinggi dibandingkan proyeksi lainnya. Dengan demikian, fokus penelitian harus diarahkan pada variasi dan kendali faktor eksposi untuk menemukan titik optimal ESD terendah (Pron 2017).

Entrance Surface Dose (ESD) adalah jumlah dosis radiasi yang diterima oleh permukaan kulit pasien pada titik masuk berkas sinar-X saat dilakukan pemeriksaan radiologi. *Entrance Surface Dose* (ESD) merupakan salah satu parameter yang paling sering digunakan dalam dosimetri pasien untuk menilai keselamatan radiasi (*radiation protection*) pada pemeriksaan diagnostik (Pron 2017). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) pada pemeriksaan abdomen sangat dipengaruhi oleh teknik eksposi yang digunakan. Menurut Samaila & Bello, (2024), bahwa variasi faktor eksposi seperti kVp, mAs, dan FFD menghasilkan rentang ESD yang luas, yaitu 1.71–19.30 mGy, dengan rata-rata 6.78 mGy, sehingga optimasi teknik diperlukan untuk menekan dosis. Menurut Ismail, dkk., (2017), menunjukkan bahwa perubahan posisi dari AP supine ke PA prone dapat menurunkan ESD hingga 30%, dari 6.42 mGy menjadi 3.92 mGy, serta membuktikan bahwa BMI turut memengaruhi besar kecilnya ESD. Selain itu, berdasarkan prinsip fisika radiasi dan studi *phantom*, peningkatan *Source-to-Image Distance* (SID) serta penambahan filtrasi tambahan merupakan strategi efektif untuk menurunkan ESD secara signifikan tanpa mengurangi kualitas citra (Peiro et al. 2021). Temuan-temuan ini memperjelas bahwa optimasi parameter eksposi merupakan strategi efektif untuk menurunkan ESD, termasuk pada situasi abdomen gawat darurat yang membutuhkan teknik cepat namun aman (Lim and Kim 2022). Adapun penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa ESD pada pemeriksaan radiografi umum sering kali melebihi nilai rujukan nasional maupun internasional, yang menandakan kurang optimalnya standar operasional dan variasi praktik antara fasilitas kesehatan. Kondisi ini menunjukkan perlunya evaluasi berkala terhadap faktor eksposi yang digunakan untuk memastikan dosis tetap berada pada batas aman sesuai prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) (Peiro et al. 2021). Estimasi ESD di berbagai jenis pemeriksaan radiografi menemukan bahwa perbedaan jarak fokus-kulit, tegangan tabung, serta keluaran radiasi peralatan sangat memengaruhi nilai ESD yang

diterima pasien. Hal ini menegaskan bahwa optimasi parameter eksposi merupakan langkah penting dalam upaya menurunkan dosis tanpa mengurangi kualitas citra, terutama pada pemeriksaan abdomen yang memiliki kompleksitas anatomis lebih tinggi (Entrance et al. 2020). Beberapa laporan terbaru juga menyoroti pentingnya penentuan nilai ESD menggunakan pendekatan pengukuran keluaran tabung, terutama di fasilitas yang tidak memiliki alat ukur dosis langsung. Penggunaan metode berbasis *phantom* memungkinkan evaluasi dosis yang lebih akurat serta membantu menentukan variasi faktor eksposi yang paling efisien untuk menghasilkan dosis minimal dengan kualitas citra diagnostik optimal pada pemeriksaan abdomen dalam situasi gawat darurat (Peiro et al. 2021).

Berdasarkan hal tersebut, peneliti ingin mengkaji lebih lanjut terkait penelitian mengenai optimasi *Entrance Surface Dose* (ESD) melalui faktor eksposi dengan *phantom* pada radiografi abdomen kondisi kegawatdaruratan sehingga mendapatkan nilai faktor eksposi dengan ESD yang optimal menggunakan *phantom* radiografi abdomen kondisi kegawatdaruratan di Lab Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta dengan judul "Optimasi Dosis *Entrance Surface Dose* (ESD) Melalui Faktor Eksposi Dengan *Phantom* Pada Radiografi Abdomen Kondisi Kegawatdaruratan".

LANDASAN TEORI

1. Anatomi Abdomen

Abdomen adalah rongga terbesar di dalam tubuh, bentuknya lonjong dan meluas dari diafragma sampai pelvis, adapun organ di dalam abdomen yaitu organ traktus urinarius, organ traktus digestivus, organ genital dan organ penting lainnya yang memiliki fungsi khusus. Sistem saluran kemih adalah salah satu bagian yang penting pada sistem abdomen, sistem urinary terdiri atas dua ginjal, dua ureter, satu kandung kemih dan satu uretra. Ginjal berbentuk seperti kacang terletak di kedua sisi tulang belakang lumbal, ginjal kanan terletak lebih inferior dari pada ginjal kiri karena adanya hati di sebelah kanan. Setiap ginjal mengalir melalui ureter menuju kandung kemih, kandung kemih terletak di superior dan posterior *symphysis pubis*, untuk menyimpan urin, urin yang disimpan dikeluarkan melalui uretra (Lampignano and Kendrick 2018).

2. Patologi Abdomen

Ada beberapa patologi Abdomen dan dalam pemeriksa kegawatdaruratan yaitu:

- a. Inflamasi dan Infeksi Akut Ini Adalah kondisi radang mendadak yang dapat menyebabkan infeksi parah (sepsis) atau perforasi (kebocoran). a) Apendisitis Akut, yaitu peradangan mendadak pada apendiks vermiformis (usus buntu), biasanya disebabkan oleh sumbatan lumen (saluran) oleh feses (fecalith) atau jaringan limfoid. Jika dibiarkan, dapat menyebabkan ruptur (pecah) dan peritonitis. b) Kolesistitis Akut, yaitu peradangan mendadak pada kantung empedu, paling sering disebabkan oleh sumbatan batu empedu (kolelitiasis) pada duktus sistikus. Gejala utama adalah nyeri hebat di kuadran kanan atas. c) Pankreatitis Akut, yaitu peradangan serius pada pankreas yang terjadi ketika enzim pencernaan mulai mencerna organ pankreas itu sendiri. Penyebab tersering adalah batu empedu atau konsumsi alkohol berlebihan. Dapat menyebabkan syok dan kegagalan organ. d) Divertikulitis Akut, yaitu peradangan atau infeksi pada divertikula (kantong kecil yang menonjol) di dinding

usus besar, biasanya di kolon sigmoid. Dapat menyebabkan abses, obstruksi, atau perforasi usus. e) Peritonitis, yaitu peradangan pada peritoneum (selaput yang melapisi rongga perut dan organ-organ). Ini adalah kondisi gawat darurat yang sering disebabkan oleh perforasi (kebocoran) dari organ berongga (misalnya usus buntu pecah, tukak lambung bocor) (Weledji n.d.).

- b. Obstruksi dan Iskemia (Sumbatan) Kondisi ini melibatkan penyumbatan aliran, baik pada saluran pencernaan maupun pembuluh darah, yang menyebabkan iskemia (kekurangan pasokan darah). 1) Ileus Obstruktif, yaitu sumbatan mekanis total pada usus halus atau usus besar, yang mencegah jalannya makanan dan gas. Penyebabnya bisa berupa perlengketan (*adhesion* pasca-operasi), hernia terperangkap, atau tumor. 2) Volvulus, yaitu puntiran abnormal pada sebagian usus (paling sering kolon sigmoid atau sekum) di sekitar mesenterium (penggantung usus), yang menyebabkan obstruksi dan iskemia (gangguan aliran darah). 3) Intususepsi, yaitu kondisi di mana satu segmen usus "masuk" atau terselip ke segmen usus di sebelahnya (telescoping), menyebabkan sumbatan. Sering terjadi pada anak-anak (Weledji n.d.).

3. Teknik Pemeriksaan

Alat dan bahan menurut Lampignano dan Kendrick, (2018), persiapan alat dan bahan sebelum pemeriksaan yaitu: 1) Pesawat Sinar-X 2) Imaging Receptor (IR) 3) Grid. Persiapan pasien, dalam kondisi kegawatdaruratan, tidak ada persiapan khusus dikarenakan mendesaknya kondisi pasien. Namun pasien harus melapaskan benda yang berbahan logam atau padat yang mudah dilepas (Ikat pinggang, celana yang memiliki resleting, tindik pada pusar, dll). Penting untuk mengurangi artefak yang dapat menutupi patologi, seperti udara bebas (pneumoperitoneum). Teknik pemeriksaan abdomen menurut Lampignano dan Kendrick, (2018), teknik radiografi pemeriksaan abdomen yang rutin digunakan yaitu Anteroposterior (AP), dan Left Lateral Decubitus (LLD).

4. Entrance Surface Dose (ESD)

Entrance surface dose (ESD) merupakan salah satu kuantitas yang digunakan dalam radiodiagnostik untuk menyatakan dosis radiasi yang diterima objek (Apriantoro, dkk., 2024). Untuk melindungi pasien dari efek radiasi, keselamatan pasien pada setiap pemeriksaan sangat penting untuk diperhatikan. Sehingga penentuan nilai *Entrance surface dose* (ESD) penting untuk keselamatan pasien karena berhubungan dengan resiko radiasi (Santoso et al. 2024). Pemeriksaan langsung dapat menggunakan detektor berupa Termoluminescence Dosimeter (TLD) pada pasien yang melakukan pemeriksaan, namun metode ini memiliki kelemahan yakni sulit dilaksanakan secara teknis karena memerlukan biaya yang tinggi. Metode lain dapat memanfaatkan alat penampil dosis yang terpasang di alat yang mempunyai fitur penampil dosis (Latifah et al. 2024).

5. Entrance Surface Air Kerma (ESAK)

Entrance Surface Air Kerma (ESAK) adalah besaran dosimetri yang menyatakan energi radiasi yang ditransfer dari foton sinar-X ke udara pada permukaan kulit pasien saat

berkas pertama kali mengenai tubuh, tanpa memperhitungkan radiasi hambur balik (backscatter). ESAK dinyatakan dalam satuan milligray (mGy) dan digunakan sebagai parameter dasar dalam evaluasi dosis pasien pada radiologi diagnostik. Menurut International Atomic Energy Agency dalam *Technical Reports Series No. 457*, ESAK merupakan kuantitas yang dapat dihitung dari keluaran tabung sinar-X (*tube output*), dikalikan dengan faktor eksposi (mAs), serta dikoreksi terhadap jarak fokus ke permukaan kulit pasien. ESAK banyak digunakan karena mudah diperoleh baik melalui pengukuran langsung menggunakan dosimeter maupun melalui perhitungan tidak langsung berbasis parameter eksposi. ESAK penting dalam optimasi dosis karena memberikan estimasi awal paparan radiasi sebelum dikoreksi oleh faktor-faktor tambahan seperti hamburan dari tubuh pasien (X-ray 2023).

6. *Incident Air Kerma (INAK)*

Incident Air Kerma (INAK) adalah kerma udara yang diukur pada titik masuk berkas sinar-X ke permukaan pasien tanpa adanya kontribusi radiasi hambur balik. Dalam banyak literatur, INAK sering dianggap ekuivalen dengan ESAK, karena keduanya sama-sama menggambarkan paparan radiasi sebelum interaksi dengan jaringan pasien. Menurut International Commission on Radiological Protection dalam publikasi *ICRP 135*, INAK digunakan sebagai parameter dasar dalam dosimetri pasien untuk menghitung dosis permukaan kulit dan estimasi risiko radiasi. INAK biasanya diperoleh melalui pengukuran langsung atau perhitungan berbasis output tabung sinar-X. Secara praktis, ESAK adalah INAK (tanpa backscatter). Namun, istilah INAK lebih sering digunakan dalam konteks fisika radiasi, sedangkan ESAK lebih umum digunakan dalam praktik klinis (ICRP, 2013).

7. *Backscatter Factor (BSF)*

Backscatter Factor (BSF) adalah faktor koreksi yang digunakan untuk memperhitungkan kontribusi radiasi hambur balik dari jaringan pasien terhadap dosis yang diterima permukaan kulit. Nilai BSF merupakan rasio antara dosis yang mencakup hamburan dengan dosis tanpa hamburan. Menurut International Commission on Radiation Units and Measurements dalam *ICRU Report 74*, nilai BSF pada radiografi diagnostik umumnya berada pada rentang 1,3–1,4, tergantung pada energi sinar-X (kVp), ukuran lapangan radiasi, dan ketebalan objek. Penggunaan BSF sangat penting dalam perhitungan dosis karena:

$$ESD = ESAK \times BSF$$

Tanpa memperhitungkan BSF, estimasi dosis akan lebih rendah dari dosis aktual yang diterima kulit pasien. Oleh karena itu, BSF merupakan komponen kunci dalam konversi ESAK/INAK menjadi Entrance Surface Dose (ESD) yang lebih realistis (ICRU, 2005).

8. *Diagnostic Reference Level (DRL)*

Diagnostic Reference Level (DRL) adalah nilai acuan dosis radiasi dalam prosedur radiologi diagnostik yang digunakan sebagai alat untuk optimasi proteksi radiasi, bukan sebagai batas dosis maksimum. Menurut International Commission on Radiological Protection dalam *ICRP Publication 135*, DRL ditetapkan berdasarkan distribusi statistik dosis pasien (umumnya persentil ke-75) dari populasi standar untuk suatu jenis pemeriksaan. DRL berfungsi sebagai indikator untuk mengevaluasi apakah praktik radiologi di suatu fasilitas sudah optimal. Fungsi utama DRL, 1) Mengidentifikasi penggunaan dosis yang terlalu tinggi. 2) Membantu optimasi teknik eksposi. 3) Menjaga

keseimbangan antara kualitas citra dan keselamatan pasien. Selain itu, International Atomic Energy Agency juga menekankan bahwa DRL harus digunakan secara berkala untuk audit dosis dan peningkatan kualitas pelayanan radiologi (IAEA, 2014). Jika nilai ESD melebihi DRL, 1) Perlu evaluasi parameter eksposi (kVp , mAs , FFD). 2) Perlu optimasi teknik radiografi. Namun jika terlalu rendah, harus dipastikan kualitas citra tetap diagnostic.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dengan pengambilan data secara kuantitatif. Penelitian bertujuan untuk menganalisis nilai faktor eksposi yang dapat menghasilkan nilai ESD paling optimal pada pemeriksaan radiografi abdomen kondisi kegawatdaruratan menggunakan phantom adalah 90 kV dan 16 mAs. Penelitian dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta pada Februari 2026. Pengumpulan data menggunakan dosimeter *Raysafe* yang ditempatkan pada permukaan *phantom* untuk mengukur nilai ESD. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari 70 kV dengan 40 mAs, 75 kV dan 35 mAs, 80 kV dengan 25 mAs, 85 kV dengan 20 mAs, 90 kV dengan 16 mAs, dan setiap perlakuan diulang lima kali untuk mendapatkan nilai rata-rata yang representatif. Pengumpulan data dilakukan dengan mempersiapkan alat dan bahan yang berupa *Phantom Abdomen*, Pesawat sinar-x merk Samsung dengan model E7252, Dosimeter merk *Raysafe*, Alat tulis/kertas penanda, *Handphone* (dokumentasi), meteran, penggaris, dan *microsoft Excel*, kemudian nyalakan pesawat sinar-X atur kV dan mAs yang akan digunakan dan diuji setelah itu letakkan dosimeter (*Raysafe*) pada *central point* permukaan *phantom Abdomen* untuk mengukur nilai ESD, dengan parameter faktor eksposi 70 kV/40 mAs, 75 kV/35 mAs, 80 kV/25 mAs, 85 kV/20 mAs, 90 kV/16 mAs, dengan FFD 102 cm. Setiap perlakuan diulang lima kali untuk mendapat data yang *reliable*. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dihitung nilai rata-rata ESD menggunakan perhitungan *Microsoft Excel*. Untuk nilai jarak antar 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) dengan persamaan (1).

$$D_{FSD} = FFD - t_p - x. \quad (1)$$

dengan t_p adalah ketebalan *phantom*, sedangkan x adalah jarak antara detektor dengan holder detektor bagian muka yang diperkirakan pada jarak 22,5 cm (Risalatul L. et al., 2020). *Entrance Surface Dose* (ESD) ditentukan dengan persamaan (2) sebagai berikut:

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

dengan BSF adalah nilai koreksi hamburan berdasarkan total filtrasi alat, TO (*Tube Output*) adalah fungsi luaran tegangan yang diperoleh dari pengukuran INAK dengan variasi tegangan tabung, nilai yang dimasukkan pada variabel TO adalah nilai tegangan tabung (kVp) yang digunakan pada setiap jenis pemeriksaan yang nantinya dimasukkan dalam persamaan yang didapat pada perhitungan INAK dalam satuan ($\mu Gy/mAs$) . *Focus Skin Distance* (FSD) yaitu jarak tabung sinar-X dengan pasien yang dihitung menggunakan persamaan (1) (Risalatul L. et al., 2020). Data tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan dibandingkan dengan standar *International Diagnostic Reference Levels* (IDRL) 2021 untuk menentukan nilai optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

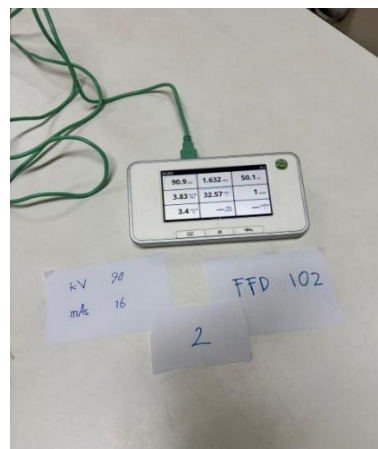
Hasil penelitian ini diperoleh dari pengukuran langsung menggunakan dosimeter *Raysafe* pada pemeriksaan radiografi *Abdomen* kondisi kegawatdaruratan dengan parameter tetap, seperti yang tersaji pada tabel 1. Pengambilan data ini di lakukan di Laboratorium Radiologi Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta pada Februari 2026. **Tabel 1.** Variasi Faktor Eksposi

No	kV	mAs	FFD
1	70 kV	40 mAs	102
2	75 kV	35 mAs	102
3	80 kV	25 mAs	102
4	85 kV	20 mAs	102
5	90 kV	16 mAs	102

Alat dan bahan yang di gunakan pada penelitian ini yaitu Pesawat Sinar X merk Samsung, *Phantom Abdomen* dengan ketebalan 21,5, alat ukur Dosimeter jenis *Raysafe*, alat tulis/kertas penanda, *Handphone* (Dokumentasi), dan menggunakan *Microsoft excel* sesuai dengan gambar 1.



Gambar 1.



Gambar 2. Hasil TO (*Tube Output*=mGy)

Setelah alat dan bahan siap, kemudian hiduipkan pesawat sinar-x, arahkan *central ray* (CR) tegak lurus dengan *phantom*. Tempatkan *radiation detector* tepat di *central point* (CP) *phantom abdomen* (2 inci di atas *crista iliac*). Atur *kV*, *mAs*, dan *FFD* yang akan di uji.

Kemudian lakukan 5 kali uji ekspos pada setiap variasi faktor eksposi. Kemudian di layar *Raysafe* akan muncul nilai ESD sesuai gambar 2.

Tabel 2. Hasil mGy dengan kV 70 dan 40 mAs

kV	mAs	FFD	mGy
70	40	102	2.397
70	40	102	2.424
70	40	102	2.429
70	40	102	2.427
70	40	102	2.422

Tabel 3. Hasil mGy dengan kV 75 dan 35 mAs

kV	mAs	FFD	mGy
75	35	102	2.230
75	35	102	2.229
75	35	102	2.231
75	35	102	2.228
75	35	102	2.233

Tabel 4. Hasil mGy dengan kV 80 dan 25 mAs

kV	mAs	FFD	mGy
80	25	102	1.986
80	25	102	1.987
80	25	102	1.964
80	25	102	1.984
80	25	102	1.986

Tabel 5. Hasil mGy dengan kV 85 dan 20 mAs

kV	mAs	FFD	mGy
85	20	102	1.803
85	20	102	1.801
85	20	102	1.800
85	20	102	1.796
85	20	102	1.798

Tabel 6. Hasil mGy dengan kV 90 dan 16 mAs

kV	mAs	FFD	mGy
90	16	102	1.637
90	16	102	1.632
90	16	102	1.631
90	16	102	1.635
90	16	102	1.624

Setelah mendapatkan hasil, siapkan Microsoft excel untuk menghitung nilai ESD dengan menggunakan rumus persamaan (1). Dengan mencari nilai $FSD = FFD \cdot t$ (ketebalan *phantom*).

Tabel 7. Hasil Perhitungan nilai FSD

FFD	t (ketebalan phantom)	FSD
102	21,5 cm	80,5
102	21,5 cm	80,5
102	21,5 cm	80,5
102	21,5 cm	80,5

Setelah mendapatkan nilai FSD kemudian hitung ESD dengan rumus (2) dengan mengubah satuan μGy 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 . Namun dalam hasil penelitian ini tidak menemukan nilai μGy , melainkan nilai mGy saja. Dari hasil tersebut dihitung rata-rata dengan dibagi 5 setiap kVp , untuk menemukan nilai ESD dari setiap variasi faktor eksposi.

Berdasarkan hasil perhitungan sesuai pada tabel 8. Nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) pada pemeriksaan radiografi abdomen menunjukkan variasi ESD yang di hasilkan. Untuk ESD yang di hasilkan paling rendah yaitu 90 kV dan 16 mAs, ESD yang paling besar dengan menggunakan 70 kV dan 40 mAs. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan optimasi parameter eksposi (peningkatan kV dan penurunan mAs), nilai ESD yang dihasilkan terbukti lebih efisien dan berada di bawah standar acuan *Diagnostic Reference Level* (DRL). Hal ini membuktikan bahwa penggunaan teknik radiografi yang teroptimasi, meskipun dilakukan dalam kondisi kegawatdaruratan, tetap dapat menjaga paparan radiasi pada tingkat yang aman (ALARA) dan memenuhi standar proteksi radiasi. Untuk jarak fokus-film (FFD) pada penelitian di 102 cm. Dengan nilai ESD yang dihasilkan 3,5-5,2 mGy .

Table 8. Hasil Perhitungan ESD

kV	mAs	FFD
70	40	102
75	35	102
80	25	102
85	20	102
90	16	102
TO	mGy	FSD
0,060495	2,4198	80,5
0,06372	2,2302	80,5
0,079256	1,9814	80,5
0,08998	1,7996	80,5
0,1019875	1,6318	80,5
ESD		
5,2		
4,8		
4,3		
3,9		

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai ESD dengan faktor eksposi 70 kV/40 mAs adalah 5,2 mGy, faktor eksposi 75 kV/35 mAs adalah 4,8 mGy, faktor eksposi 80 kV/25 mAs adalah 4,3 mGy, faktor eksposi 85 kV/20 mAs adalah 3,9 mGy, faktor eksposi 90 kV/16 mAs adalah 3,5 mGy. Nilai ESD terendah sebesar 3,5 mGy pada kombinasi 90 kV/16 mAs dan nilai tertinggi 5,2 mGy pada 70 kV/40 mAs. Hasil ini membuktikan bahwa penggunaan tegangan tabung (kVp) yang lebih tinggi memungkinkan pengurangan mAs yang signifikan untuk menjaga densitas optik yang sama, sekaligus menekan dosis permukaan kulit.

Entrance Surface Dose (ESD) pada pemeriksaan *Abdomen* kondisi kegawatdaruratan merupakan parameter penting dalam menilai besarnya paparan radiasi yang diterima pasien. Dalam praktik klinis, pemeriksaan abdomen sering dilakukan sebagai lini pertama untuk mendeteksi kondisi kritis seperti obstruksi usus, perforasi viskus, dan pneumoperitoneum, sehingga diperlukan teknik eksposi yang cepat namun tetap memperhatikan keselamatan pasien. Nilai ESD pada pemeriksaan *abdomen* dewasa kondisi kegawatdaruratan berkisar rata-rata sekitar 6,78 mGy. Oleh karena itu, optimasi parameter eksposi seperti pengaturan kV dan mAs menjadi sangat penting untuk menekan dosis radiasi serendah mungkin sesuai prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) tanpa mengurangi kualitas citra diagnostik yang dibutuhkan dalam situasi kegawatdaruratan (Samaila and Bello 2024).

Menurut penelitian Ratio et al., (2024) secara umum, nilai optimal pada pemeriksaan *abdomen* adalah 90 kV/16 mAs dengan FFD 102 cm, terutama pada proyeksi *AnteroPosterior* (AP) dengan pasien tidur terlentang di atas meja pemeriksaan (*supine*) dan berdasarkan standar *Diagnostic Reference Level* (DRL) internasional, batas nilai ESD yang dianggap normal untuk pemeriksaan radiografi *abdomen* adalah sekitar 0,5 mGy.

Menurut Samaila and Bello (2024) dalam radiologi kegawatdaruratan, di mana kecepatan dan efisiensi menjadi prioritas, seringkali terdapat kecenderungan untuk menggunakan faktor eksposi tinggi secara berlebihan untuk memastikan visualisasi yang jelas pada kondisi pasien yang tidak ideal. Namun, temuan ini membuktikan bahwa strategi "high kVp, low mAs" lebih efisien secara dosis. Hal ini sangat relevan dengan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA), di mana dosis radiasi harus dioptimalkan agar seminimal mungkin namun tetap menghasilkan citra dengan kualitas diagnostik yang memadai.

Berdasarkan pembahasan di atas, menurut peneliti pada pemeriksaan radiografi *abdomen* kondisi kegawatdaruratan variasi faktor eksposi yang optimal digunakan 90 kV/16 mAs dengan FFD 102 cm. Sebaiknya fasilitas pelayanan radiologi menerapkan teknik eksposi dengan prinsip high kVp dan low mAs, seperti kombinasi 90 kV dan 16 mAs, untuk mengoptimalkan nilai *Entrance Surface Dose* (ESD) tetap berada dalam batas aman sesuai prinsip ALARA. Penggunaan faktor koreksi seperti *Backscatter Factor* (BSF) juga sebaiknya selalu diperhitungkan agar estimasi dosis lebih akurat. Bagi fasilitas yang belum memiliki alat ukur dosis langsung, sebaiknya memanfaatkan metode berbasis phantom sebagai alternatif yang efektif untuk evaluasi dan optimasi faktor eksposi secara rutin. Terakhir, radiografer sebaiknya meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam pengaturan parameter eksposi agar dapat menyeimbangkan antara kualitas citra dan keselamatan pasien secara optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa nilai faktor eksposi yang dapat menghasilkan nilai ESD paling optimal pada pemeriksaan radiografi *abdomen* kondisi kegawatdaruratan menggunakan *phantom* adalah penggunaan variasi 90 kV dan 16 mAs.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhir, Tugas, Program Studi, Radiologi Program, Dipolma Tiga, and Fakultas Ilmu Kesehatan. 2024. "Evaluasi ESD (Entrance Surface Dose) Pada Pemeriksaan High kV Pemeriksaan Radiologi Abdomen."
- [2] Entrance, Estimasi, Surface Dose, E S D Sebagai, and Profil Dosis. 2020. "Journal of Vocational Health Studies Dose Profile For Patients Undergoing Radiography." 04: 72–77. doi:10.20473/jvhs.V4.I2.2020.72-77.
- [3] Gupta, Ashok, Bruttendu Moharana, Reeti Saini, and Arjun Gupta. 2022. "Pretreatment with Systemic Corticosteroid Can Mask Early Symptoms of Hypersensitivity Reaction to Hyaluronidase Following Peribulbar Block." : 2021–23. doi:10.1136/bcr-2021-247208.
- [4] Lampignano, John P, and Leslie E Kendrick. 2018. *Bontrager's Text Book of Radiographic Positioning and Related Anatomy*.
- [5] Lim, Woo-taek, and Sang-hyun Kim. 2022. "Study on Dose Reduction by Source to Image Distance in Lateral X-Ray Examination of the Sternum." 6(May): 8772–82.
- [6] Luthiyah, dkk. 2024. "Prosedur Pemeriksaan Abdomen 3 Posisi Proyeksi Left Lateral Decubitus (LLD) Pada klinis Kolik Abdomen."
- [7] Peiro, A, A Danyaei, N Chegeni, M Tahmasbi, and J Fatahiasl. 2021. "Evaluation of Entrance Surface Dose and Scattered Dose to the Pelvis for Common Radiological Examinations in Analog and Digital Radiography: A Phantom Study." 19(4). doi:10.29242/ijrr.19.4.937.
- [8] Pron, Supin. 2017. "Radiation Dose Obtained from Abdominal Computed Radiography : Comparison Between Supine and Prone Positions." 15(2): 173–78.
- [9] *Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2024 (BAPETEN)*.
- [10] Ratio, Cardiothoracic, C T R Dan, and Signal-to-noise Ratio Snr. 2024. "Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Cirebon Pengaruh Focus Film Distance (FFD) Terhadap." 15: 123–29. doi:10.38165/jk.v15i2.4.
- [11] Samaila, B, and A Bello. 2024. "Investigation of Radiation Doses and Diagnostic Reference Level among the Patients with Abdominal Pains Undergoing X-Ray Examinations." : 49457–60. doi:10.26717/BJSTR.2024.57.009029.
- [12] Weledji, E.P. "Learning Objectives."
- [13] X-ray, A P P A Canon. 2023. "Analisis Nilai DRL Parameter ESAK / INAK Pemeriksaan Abdomen AP X-RAY CANON." 3(2): 61–68.