

Korelasi Parameter CT Scan dan Karakteristik Pasien dengan Dosis Analisis Efektif pada Pemeriksaan CT Scan Thorax

Nurwahida¹, Dita Anggraeni², Kadek Yuda Astina³, Made Adhi Mahendrayana⁴, Sudarman⁵

^{1,2,3,4,5} ATRO Bali

Email: dtaanggrnii@gmail.com

Abstrak

Pemeriksaan computed tomography (CT) Scan Thorax merupakan modalitas diagnostik penting, tetapi penggunaannya memerlukan evaluasi dosis radiasi karena parameter teknis dan karakteristik pasien dapat memengaruhi paparan radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi parameter CT Scan dan karakteristik pasien dengan dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax. Penelitian ini menggunakan kuantitatif retrospektif. Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi salah satu Rumah Sakit di Jakarta pada bulan Desember 2025 sampai Januari 2026. Sampel penelitian berjumlah 33 pasien yang diperoleh menggunakan teknik total sampling. Variabel yang dianalisis meliputi milliampere-second (mAs), slice thickness, usia, jenis kelamin, computed tomography dose index volume (CTDIvol), dose length product (DLP), dan dosis efektif. Dosis efektif diperoleh melalui konversi nilai DLP dengan cara mengalikan DLP dengan faktor konversi untuk CT Thorax. Analisis data dilakukan secara deskriptif, dilanjutkan dengan uji normalitas dan uji korelasi Spearman. Hasil penelitian menunjukkan rerata dosis efektif sebesar $4,12 \pm 2,48$ mSv dengan rentang 1,30–8,31 mSv. Rerata mAs sebesar $105,00 \pm 59,63$, slice thickness $0,807 \pm 0,075$ mm, CTDIvol $6,77 \pm 4,21$ mGy, dan DLP $294,44 \pm 177,43$ mGy.cm. Hasil uji Spearman menunjukkan korelasi positif sangat kuat dan signifikan antara mAs dengan dosis efektif ($\rho = 0,945$; $p < 0,001$). Slice thickness ($\rho = 0,141$; $p = 0,433$) dan usia ($\rho = -0,030$; $p = 0,867$) tidak berkorelasi bermakna dengan dosis efektif, sedangkan jenis kelamin menunjukkan korelasi positif lemah pada batas signifikansi statistik ($\rho = 0,344$; $p = 0,050$). Penelitian ini menyimpulkan bahwa mAs merupakan parameter CT Scan yang paling kuat berkorelasi dengan dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax.

Kata Kunci : CT Scan Thorax; dosis efektif; mAs; slice thickness; karakteristik pasien; korelasi Spearman

Abstract

Thoracic computed tomography (CT) scan is an important diagnostic imaging modality, but its use requires radiation dose evaluation because technical parameters and patient characteristics may influence patient exposure. This study aimed to analyze the correlation between CT scan parameters and patient characteristics with effective dose in thoracic CT scan examination. This study used a quantitative. The study was conducted at the Radiology Installation of a hospital in Jakarta from December 2025 to January 2026. A total of 33 patients were included using total sampling. The analyzed variables were milliampere-second (mAs), slice thickness, age, sex, computed tomography dose index volume (CTDIvol), dose length product (DLP), and effective dose. Effective dose was obtained by multiplying DLP by the conversion factor for thoracic CT. Data were analyzed descriptively, followed by normality testing and Spearman correlation analysis. The results showed that the mean effective dose was 4.12 ± 2.48 mSv, with a range of 1.30–8.31 mSv. The mean mAs was 105.00 ± 59.63 , slice thickness was 0.807 ± 0.075 mm, CTDIvol was 6.77 ± 4.21 mGy, and DLP was 294.44 ± 177.43 mGy.cm. Spearman correlation analysis showed a very strong positive and significant correlation between mAs and effective dose ($\rho = 0.945$; $p < 0.001$). Slice thickness ($\rho = 0.141$; $p = 0.433$) and age ($\rho = -0.030$; $p = 0.867$) were not significantly correlated with effective dose, while sex showed a weak positive correlation at the threshold of statistical significance ($\rho = 0.344$; $p = 0.050$). This study concludes that mAs is the CT scan parameter most strongly correlated with effective dose in thoracic CT scan examination.

Keywords : thoracic computed tomography; effective dose; mAs; slice thickness; patient characteristics; Spearman correlation

1. PENDAHULUAN

Pemeriksaan CT Scan Thorax memiliki peran penting dalam evaluasi kelainan thorax karena mampu menampilkan struktur paru, mediastinum, dan organ intrathorakal secara rinci, terutama sejak berkembangnya multidetector CT dalam praktik radiologi modern (Ohno et al.,

2019). Penggunaan CT thorax juga semakin luas pada berbagai indikasi klinis, termasuk evaluasi penyakit paru, skrining kanker paru, dan pemantauan kelainan thorax yang membutuhkan citra dengan resolusi tinggi (Tonkopi et al., 2024). Pemeriksaan CT tetap menjadi perhatian dalam keselamatan radiasi karena modalitas ini berkontribusi besar terhadap paparan radiasi medis pada pasien dibandingkan pemeriksaan radiologi konvensional (Hu et al., 2021). Variasi dosis radiasi pada pemeriksaan CT telah dilaporkan berbeda antarnegara, institusi, mesin, dan protokol pemeriksaan, sehingga evaluasi dosis perlu dilakukan secara berkelanjutan (Smith-Bindman et al., 2019). Evaluasi dosis pada CT thorax menjadi penting karena pemilihan parameter teknis dan strategi rekonstruksi citra dapat memengaruhi keseimbangan antara kualitas diagnostik dan paparan radiasi pasien (Cristofaro et al., 2020).

Fenomena variasi dosis efektif pada pemeriksaan CT thorax terlihat dalam studi internasional yang menunjukkan adanya perbedaan dosis CT chest antarnegara dan antar-institusi meskipun jenis pemeriksaan yang dilakukan serupa (Smith-Bindman et al., 2019). Studi institusional pada pemeriksaan CT kepala, leher, thorax, dan abdomen menunjukkan bahwa nilai CTDIvol, DLP, dan dosis efektif dapat berbeda menurut area pemeriksaan serta protokol yang digunakan di fasilitas radiologi (Atli et al., 2021). Evaluasi dosis pada Yorkshire Lung Screening Trial memperlihatkan bahwa low-dose CT thorax tetap memerlukan pemantauan dosis karena nilai dosis efektif dipengaruhi oleh protokol pemeriksaan dan karakteristik peserta skrining (Iball et al., 2024). Penelitian low-dose lung cancer screening CT menunjukkan bahwa tube current modulation dan ukuran pasien dapat menghasilkan variasi SSDE serta kualitas citra pada pemeriksaan thorax (Barreto et al., 2020). Studi HRCT thorax berbasis SSDE menegaskan bahwa variasi dosis tidak cukup dijelaskan oleh CTDIvol dan DLP saja karena ukuran serta karakteristik pasien juga memengaruhi estimasi paparan radiasi individual (Abuzaid, 2025).

Evaluasi dosis pada CT umumnya menggunakan CTDIvol, DLP, dan dosis efektif karena ketiganya menggambarkan aspek yang berbeda dari keluaran radiasi scanner, panjang area pemindaian, dan estimasi risiko radiasi secara umum (Zhao et al., 2022). CTDIvol digunakan sebagai indeks keluaran radiasi scanner dan bermanfaat untuk membandingkan paparan antarprotokol maupun antarscanner dalam kondisi pengukuran standar (Zhao et al., 2022). DLP merupakan indeks dosis yang memperhitungkan CTDIvol dan panjang pemindaian, sehingga sering digunakan sebagai dasar estimasi dosis efektif melalui faktor konversi. Pada pemeriksaan CT Thorax, salah satu faktor konversi yang umum digunakan adalah $0,014 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ (Zhao et al., 2022). Koefisien konversi DLP ke dosis efektif dapat berbeda menurut area tubuh, jenis kelamin, diameter pasien, dan pabrikan scanner, sehingga dosis efektif perlu dipahami sebagai estimasi yang dipengaruhi oleh faktor teknis dan faktor pasien (Chu et al., 2024). Parameter mAs atau tube current-time product berperan dalam pembentukan dosis karena berkaitan dengan jumlah foton sinar-X yang digunakan selama akuisisi citra CT (Chen et al., 2019). Slice thickness juga relevan dalam protokol CT thorax karena perubahan ketebalan irisan dapat memengaruhi noise, ketajaman citra, dan kualitas diagnostik pada pencitraan paru dosis rendah (Graafen et al., 2023).

Urgensi penelitian mengenai dosis CT thorax didasarkan pada kebutuhan untuk menerapkan optimasi dosis radiasi tanpa mengurangi kualitas citra diagnostik yang diperlukan dalam pengambilan keputusan klinis (Ohno et al., 2019). Evaluasi faktor-faktor yang memengaruhi dosis CT diperlukan karena parameter pemeriksaan dan karakteristik pasien dapat berkontribusi terhadap variasi paparan radiasi pada pemeriksaan kepala, thorax, dan abdomen (Yang, 2020). Penetapan diagnostic reference levels dan achievable doses pada pemeriksaan CT terbukti bermanfaat untuk menilai kewajaran dosis lokal serta mengidentifikasi kebutuhan penyesuaian protokol (Suliman et al., 2021). Korelasi

antara CTDIvol, DLP, SSDE, dan dosis organ pada CT thorax dapat membantu memperkuat dasar ilmiah untuk optimasi dosis yang lebih spesifik terhadap pasien (Costa et al., 2023). Strategi penurunan dosis pada chest CT harus tetap mempertahankan mutu citra karena pemeriksaan thorax membutuhkan visualisasi struktur paru dan mediastinum yang adekuat untuk diagnosis (Cristofaro et al., 2020).

Kebaruan penelitian ini adalah menganalisis hubungan parameter CT Scan (mAs dan *slice thickness*) serta karakteristik pasien (usia dan jenis kelamin) dengan dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax. Penelitian sebelumnya umumnya membahas faktor teknis atau karakteristik pasien secara terpisah, sedangkan penelitian ini mengkaji keduanya secara bersamaan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang berhubungan dengan dosis efektif (Yang, 2020; Chen et al., 2019; Graafen et al., 2023; Chu et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi parameter CT Scan dan karakteristik pasien dengan dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax, sejalan dengan kebutuhan evaluasi faktor-faktor yang memengaruhi dosis radiasi pasien pada praktik CT klinis (Yang, 2020). Parameter CT Scan yang dikaji meliputi mAs dan *slice thickness* karena kedua parameter tersebut berkaitan dengan aspek akuisisi dan rekonstruksi citra yang dapat memengaruhi dosis serta kualitas citra CT thorax (Chen et al., 2019; Graafen et al., 2023). Karakteristik pasien yang dikaji meliputi usia dan jenis kelamin karena estimasi risiko radiasi dan koefisien dosis efektif dapat dipengaruhi oleh faktor biologis serta ukuran tubuh pasien (Chu et al., 2024). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar evaluasi dosis lokal karena audit institusional CT dapat digunakan untuk membandingkan nilai dosis fasilitas dengan diagnostic reference levels nasional maupun internasional (Atlı et al., 2021). Informasi dari penelitian ini diharapkan dapat mendukung optimasi protokol CT Scan Thorax agar paparan radiasi pasien tetap terkendali tanpa mengurangi manfaat diagnostik pemeriksaan (Tonkopi et al., 2024).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Penelitian dilakukan secara retrospektif di Instalasi Radiologi salah satu Rumah Sakit di Jakarta pada bulan Desember 2025 sampai Januari 2026.

Populasi penelitian adalah seluruh pasien yang menjalani pemeriksaan CT Scan Thorax pada periode penelitian. Sampel penelitian berjumlah 33 pasien yang memenuhi kriteria kelengkapan data pemeriksaan, terdiri atas 22 pasien perempuan dan 11 pasien laki-laki, dengan rentang usia 19–63 tahun. Teknik pengambilan sampel menggunakan total sampling, yaitu seluruh data pasien CT Scan Thorax yang memenuhi kriteria inklusi selama periode penelitian digunakan sebagai sampel penelitian.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah pasien dewasa yang menjalani pemeriksaan CT Scan Thorax non-kontras dengan protokol pemeriksaan rutin (standard-dose chest CT), memiliki data dose report lengkap yang meliputi nilai mAs, *slice thickness*, CTDIvol, DLP, serta data usia dan jenis kelamin. Penelitian ini hanya menggunakan pemeriksaan CT Scan Thorax non-kontras agar seluruh sampel berasal dari protokol pemeriksaan yang homogen. Pemeriksaan dengan media kontras tidak diikutsertakan karena dapat menggunakan protokol pemindaian yang berbeda, seperti fase pemindaian tambahan atau panjang area pemindaian yang lebih luas, sehingga berpotensi memengaruhi nilai CTDIvol, DLP, dan dosis efektif.

Dosis efektif diperoleh melalui konversi nilai DLP menggunakan faktor konversi untuk pemeriksaan CT Thorax sebesar 0,014 mSv/(mGy·cm). Perhitungan dilakukan dengan rumus: Dosis Efektif (mSv) = DLP (mGy·cm) × 0,014 mSv/(mGy·cm). Faktor konversi 0,014

mSv/(mGy·cm) dipilih karena merupakan faktor konversi yang direkomendasikan untuk pemeriksaan CT Thorax pada pasien dewasa (Zhao et al. 2022). Pada penelitian ini, dosis efektif dinyatakan dalam satuan mSv. Kriteria eksklusi adalah data pemeriksaan yang tidak lengkap atau tidak menampilkan informasi dose report CT Scan secara utuh.

Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi parameter CT Scan berupa mAs dan slice thickness, serta karakteristik pasien berupa usia dan jenis kelamin. Parameter tegangan tabung (kV) tidak dimasukkan sebagai variabel penelitian karena seluruh sampel menggunakan nilai kV yang sama, yaitu 120 kV, sesuai protokol pemeriksaan CT Scan Thorax di rumah sakit. Protokol tersebut menerapkan Automatic Exposure Control (AEC), sehingga optimasi paparan radiasi dilakukan melalui penyesuaian tube current (mAs) secara otomatis berdasarkan karakteristik pasien, sedangkan nilai tegangan tabung (kV) dipertahankan tetap pada 120 kV. Oleh karena itu, variabel kV tidak memiliki variasi antar sampel sehingga tidak dapat dianalisis hubungan atau korelasinya dengan dosis efektif. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah dosis efektif. Data pendukung yang digunakan dalam perhitungan dosis meliputi CTDIvol dan Dose Length Product/DLP.

Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi jenis pemeriksaan, protokol pemeriksaan, tegangan tabung (kV), dan penggunaan Automatic Exposure Control (AEC). Jenis pemeriksaan dikontrol dengan membatasi penelitian pada pemeriksaan CT Scan thorax non-kontras menggunakan protokol pemeriksaan rutin (standard-dose chest CT). Tegangan tabung ditetapkan sebesar 120 kV pada seluruh sampel, sedangkan penggunaan AEC diterapkan pada seluruh pemeriksaan sesuai dengan protokol yang digunakan di rumah sakit. Pengendalian terhadap variabel tersebut dilakukan untuk menjaga homogenitas kondisi pemeriksaan sehingga variasi dosis efektif yang diamati lebih terarah pada variabel yang dianalisis, yaitu mAs, slice thickness, usia, dan jenis kelamin.

Karakteristik subjek penelitian dikendalikan melalui kriteria inklusi, yaitu pasien dewasa yang menjalani pemeriksaan CT Scan thorax non-kontras dengan protokol pemeriksaan rutin serta memiliki data pemeriksaan dan dose report yang lengkap. Adapun faktor lain yang berpotensi memengaruhi dosis efektif tetapi tidak dianalisis secara khusus dalam penelitian ini, seperti berat badan, indeks massa tubuh (BMI), diameter efektif tubuh, Water Equivalent Diameter (WED), panjang area pemindaian (scan length), pitch, dan metode rekonstruksi, dipertimbangkan sebagai faktor perancu potensial. Faktor-faktor tersebut tidak dimasukkan sebagai variabel penelitian karena keterbatasan data dan ruang lingkup penelitian.

Instrumen penelitian berupa lembar observasi yang digunakan untuk mencatat kode sampel, usia, jenis kelamin, mAs, slice thickness, CTDIvol, DLP, dan dosis efektif. Data dikumpulkan dari dose report CT Scan dan data pemeriksaan pasien yang tersedia di Instalasi Radiologi. Pengumpulan data dilakukan tanpa intervensi terhadap pasien dan tanpa perubahan terhadap protokol pemeriksaan CT Scan Thorax yang digunakan di rumah sakit.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan analitik. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan distribusi data berdasarkan nilai rerata, median, standar deviasi, nilai minimum, dan nilai maksimum. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui distribusi data numerik. Analisis korelasi dilakukan untuk menilai hubungan antara mAs, slice thickness, usia, dan jenis kelamin dengan dosis efektif. Uji korelasi yang digunakan adalah Spearman apabila data tidak berdistribusi normal, dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini melibatkan 33 pasien yang menjalani pemeriksaan CT Scan Thorax. Berdasarkan karakteristik jenis kelamin, sebagian besar subjek penelitian adalah perempuan

sebanyak 22 pasien atau 66,7%, sedangkan laki-laki sebanyak 11 pasien atau 33,3%. Distribusi subjek penelitian berdasarkan jenis kelamin disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Subjek Penelitian Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Frekuensi	Persentase (%)
Perempuan	22	66,7
Laki-laki	11	33,3
Total	33	100,0

Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa nilai mAs memiliki rerata $105,00 \pm 59,63$ dengan nilai minimum 35 dan maksimum 203. Slice thickness memiliki rerata $0,807 \pm 0,075$ mm dengan nilai minimum 0,68 mm dan maksimum 1,07 mm. Umur pasien memiliki rerata $42,30 \pm 12,23$ tahun dengan rentang usia 19–63 tahun. Nilai CTDI memiliki rerata $6,77 \pm 4,21$ mGy, sedangkan DLP memiliki rerata $294,44 \pm 177,43$ mGy.cm. Dosis efektif memiliki rerata $4,12 \pm 2,48$ mSv dengan nilai minimum 1,30 mSv dan maksimum 8,31 mSv. Hasil analisis deskriptif masing-masing variabel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Parameter CT Scan, Karakteristik Pasien, dan Dosis Efektif

Variabel	Mean	SD	Median	Minimum	Maksimum
mAs	105	59,63	111	35	203
Slice Thickness (mm)	0,807	0,075	0,78	0,68	1,07
Umur (tahun)	42,3	12,23	42	19	63
CTDIvol (mGy)	6,77	4,21	6,4	2,2	13,2
DLP (mGy.cm)	294,44	177,43	278,5	92,9	593,5
Dosis Efektif (mSv)	4,12	2,48	3,9	1,3	8,31

Uji normalitas dilakukan terhadap variabel numerik menggunakan Shapiro-Wilk. Hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa mAs, slice thickness, dan dosis efektif memiliki nilai $p < 0,05$, sehingga data tidak berdistribusi normal. Umur memiliki nilai $p = 0,595$ pada uji Shapiro-Wilk, sehingga data umur berdistribusi normal. Berdasarkan hasil tersebut, analisis korelasi dilakukan menggunakan uji Spearman karena sebagian variabel utama tidak berdistribusi normal. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Variabel Penelitian

Variabel	Shapiro-Wilk Statistic	p-value	Interpretasi
mAs	0,865	0,001	Tidak normal
Slice Thickness	0,84	<0,001	Tidak normal
Umur	0,974	0,595	Normal
Dosis Efektif	0,868	0,001	Tidak normal

Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan bahwa mAs memiliki korelasi positif sangat kuat dengan dosis efektif, dengan nilai koefisien korelasi $\rho = 0,945$ dan $p < 0,001$. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai mAs, semakin tinggi pula dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax. Slice thickness memiliki korelasi positif sangat lemah dengan dosis efektif, tetapi tidak signifikan secara statistik dengan nilai $\rho = 0,141$ dan $p = 0,433$. Umur memiliki korelasi negatif sangat lemah dengan dosis efektif dan tidak signifikan secara statistik

dengan nilai $\rho = -0,030$ dan $p = 0,867$. Jenis kelamin memiliki korelasi positif lemah dengan dosis efektif, dengan nilai $\rho = 0,344$ dan $p = 0,050$, sehingga berada pada batas signifikansi statistik. Hasil uji korelasi Spearman disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Korelasi Spearman antara Variabel Penelitian dengan Dosis Efektif

Variabel	Koefisien Korelasi Spearman (ρ)	p-value	N	Interpretasi
mAs dengan Dosis Efektif	0,945	<0,001	33	Korelasi positif sangat kuat dan signifikan
Slice Thickness dengan Dosis Efektif	0,141	0,433	33	Korelasi positif sangat lemah dan tidak signifikan
Umur dengan Dosis Efektif	-0,03	0,867	33	Korelasi negatif sangat lemah dan tidak signifikan
Jenis Kelamin dengan Dosis Efektif	0,344	0,05	33	Korelasi positif lemah pada batas signifikansi

Pembahasan

Rerata dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax dalam penelitian ini sebesar $4,12 \pm 2,48$ mSv dengan rentang 1,30–8,31 mSv, sedangkan rerata DLP sebesar $294,44 \pm 177,43$ mGy.cm dan rerata CTDI sebesar $6,77 \pm 4,21$ mGy. Nilai tersebut menunjukkan adanya variasi paparan radiasi antar pasien, dan kondisi ini sejalan dengan laporan Smith-Bindman et al. (2019) yang menyatakan bahwa dosis CT dapat bervariasi luas antarprotokol, institusi, dan negara. Rerata dosis efektif dalam penelitian ini juga relatif sebanding dengan laporan Atlı et al. (2021) yang menunjukkan bahwa audit dosis CT thorax dapat menghasilkan nilai dosis efektif dalam kisaran beberapa mSv. Dosis efektif pada penelitian ini diperoleh dari konversi DLP menggunakan faktor konversi CT thorax, dan pendekatan tersebut sesuai dengan penjelasan Zhao et al. (2022), Lee et al. (2020), serta Chu et al. (2024) bahwa DLP dapat digunakan sebagai dasar estimasi dosis efektif berdasarkan area anatomi. Pemantauan CTDI, DLP, dan dosis efektif menjadi penting karena indikator tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi kewajaran dosis lokal dan membandingkannya dengan diagnostic reference levels sebagaimana dijelaskan oleh Suliman et al. (2021)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mAs memiliki korelasi positif sangat kuat dan signifikan terhadap dosis efektif ($\rho = 0,945$; $p < 0,001$). Nilai koefisien korelasi yang sangat tinggi menunjukkan bahwa peningkatan mAs hampir selalu diikuti oleh peningkatan dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax. Hal ini terjadi karena mAs merupakan parameter eksposi yang secara langsung menentukan jumlah elektron yang mengalir dari katoda menuju anoda selama proses pembentukan sinar-X. Semakin besar nilai mAs, semakin banyak elektron yang mengenai target anoda sehingga jumlah foton sinar-X yang dihasilkan juga meningkat. Peningkatan jumlah foton tersebut menyebabkan keluaran radiasi (radiation output) menjadi lebih tinggi, sehingga paparan radiasi yang diterima pasien ikut meningkat.

Pada pemeriksaan CT Scan, peningkatan keluaran radiasi akan meningkatkan nilai Computed Tomography Dose Index volume (CTDIvol) sebagai indikator keluaran radiasi dari

tabung sinar-X. Selanjutnya, peningkatan CTDIvol akan meningkatkan nilai Dose Length Product (DLP) karena DLP merupakan hasil perkalian CTDIvol dengan panjang area pemindaian (*scan length*). Dalam penelitian ini, dosis efektif dihitung berdasarkan nilai DLP menggunakan faktor konversi CT Thorax sebesar 0,014 mSv/(mGy·cm), sehingga semakin tinggi nilai DLP maka semakin tinggi pula dosis efektif yang diperoleh. Oleh karena itu, hubungan antara mAs dan dosis efektif menjadi sangat kuat karena perubahan mAs akan memengaruhi seluruh rangkaian parameter dosis mulai dari CTDIvol, DLP, hingga dosis efektif.

Selain meningkatkan dosis radiasi, peningkatan mAs juga meningkatkan jumlah foton yang mencapai detektor sehingga noise citra menurun dan kualitas citra meningkat. Sebaliknya, penggunaan mAs yang terlalu rendah dapat mengurangi paparan radiasi, tetapi berpotensi meningkatkan noise sehingga kualitas diagnostik citra menurun. Oleh karena itu, pengaturan mAs harus dioptimalkan agar diperoleh keseimbangan antara kualitas citra dan keselamatan pasien sesuai prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA). Temuan penelitian ini sejalan dengan Chen et al. (2019) yang menyatakan bahwa pengaturan tube current merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi dosis efektif pada pemeriksaan CT Thorax. Barreto et al. (2020) juga melaporkan bahwa perubahan tube current akan memengaruhi Size Specific Dose Estimate (SSDE) dan kualitas citra pada pemeriksaan low-dose chest CT. Selain itu, Ohno et al. (2019) menjelaskan bahwa optimasi dosis pada CT Thorax lebih banyak dilakukan melalui pengaturan mAs atau tube current modulation, sedangkan Tonkopi et al. (2024) menegaskan bahwa penyesuaian mAs harus tetap mempertahankan kualitas citra diagnostik. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mAs merupakan parameter teknis yang paling berpengaruh terhadap variasi dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa slice thickness tidak memiliki hubungan yang bermakna dengan dosis efektif ($p = 0,141$; $p = 0,433$). Nilai koefisien korelasi yang rendah menunjukkan bahwa perubahan ketebalan irisan pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap variasi dosis efektif. Hal ini disebabkan karena slice thickness bukan merupakan parameter eksposi, melainkan parameter rekonstruksi citra. Perubahan slice thickness tidak mengubah jumlah foton sinar-X yang dipancarkan tabung, tetapi hanya memengaruhi cara data hasil akuisisi direkonstruksi menjadi citra. Oleh karena itu, perubahan slice thickness lebih berpengaruh terhadap noise, resolusi spasial, dan ketajaman citra, dibandingkan terhadap paparan radiasi yang diterima pasien.

Selain itu, rentang nilai slice thickness pada penelitian ini relatif sempit, yaitu 0,68–1,07 mm, sehingga variasinya antar sampel sangat kecil. Variasi yang terbatas tersebut menyebabkan perubahan slice thickness tidak cukup besar untuk menghasilkan hubungan statistik yang bermakna dengan dosis efektif. Hasil ini menunjukkan bahwa pada protokol CT Scan Thorax yang digunakan di rumah sakit penelitian, dosis efektif lebih dipengaruhi oleh parameter eksposi, khususnya mAs, dibandingkan oleh parameter rekonstruksi citra. Temuan ini sejalan dengan Graafen et al. (2023) yang melaporkan bahwa perubahan slice thickness pada pemeriksaan CT paru terutama memengaruhi kualitas citra dan tingkat noise, sedangkan Milos et al. (2023) juga menyatakan bahwa slice thickness lebih berperan dalam optimasi kualitas citra dibandingkan sebagai penentu utama dosis radiasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur tidak memiliki hubungan yang bermakna dengan dosis efektif ($p = -0,030$; $p = 0,867$). Nilai koefisien korelasi yang sangat rendah menunjukkan bahwa usia pasien bukan merupakan faktor yang memengaruhi variasi dosis efektif pada penelitian ini. Hal tersebut dapat dijelaskan karena CT scanner tidak menyesuaikan parameter eksposi berdasarkan usia pasien, melainkan berdasarkan karakteristik fisik tubuh yang diperoleh melalui *scout image*. Pada penelitian ini, protokol pemeriksaan menggunakan

Automatic Exposure Control (AEC) sehingga sistem secara otomatis menyesuaikan nilai mAs berdasarkan ketebalan dan atenuasi tubuh pasien, bukan berdasarkan umur kronologis.

Dengan demikian, pasien yang memiliki usia berbeda tetapi ukuran tubuh yang relatif sama dapat menerima pengaturan mAs yang hampir sama sehingga menghasilkan dosis efektif yang juga tidak jauh berbeda. Selain itu, seluruh sampel penelitian merupakan pasien dewasa dengan rentang usia 19–63 tahun, sehingga variasi karakteristik tubuh akibat perbedaan usia relatif tidak terlalu besar untuk memengaruhi dosis efektif secara signifikan. Hasil penelitian ini sejalan dengan Yang et al. (2021) dan Xu et al. (2020) yang menyatakan bahwa dosis radiasi pada CT Scan lebih dipengaruhi oleh ukuran tubuh, diameter efektif, dan atenuasi pasien dibandingkan oleh usia kronologis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis kelamin memiliki korelasi positif lemah dengan dosis efektif ($\rho = 0,344$; $p = 0,050$). Nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara jenis kelamin dan dosis efektif relatif lemah, sedangkan nilai p berada tepat pada batas signifikansi statistik sehingga hasilnya perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis kelamin bukan merupakan faktor utama yang menentukan besarnya dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax.

Secara fisiologis, jenis kelamin tidak secara langsung memengaruhi keluaran radiasi CT scan. Pada penelitian ini, penyesuaian parameter eksposi dilakukan menggunakan Automatic Exposure Control (AEC) yang bekerja berdasarkan ketebalan dan atenuasi tubuh pasien, bukan berdasarkan jenis kelamin. Oleh karena itu, pasien laki-laki dan perempuan yang memiliki ukuran tubuh atau diameter thoraks yang relatif sama dapat memperoleh nilai mAs yang hampir sama sehingga dosis efektif yang diterima juga tidak berbeda secara nyata. Selain itu, distribusi sampel yang tidak seimbang, yaitu 22 perempuan dan 11 laki-laki, serta jumlah sampel yang relatif kecil ($n = 33$) kemungkinan turut memengaruhi kekuatan hubungan statistik yang diperoleh. Variabel lain seperti berat badan, indeks massa tubuh (*Body Mass Index*), diameter efektif, atau *water-equivalent diameter* juga tidak dianalisis dalam penelitian ini, padahal faktor-faktor tersebut lebih menggambarkan ukuran tubuh pasien yang menjadi dasar kerja AEC. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel antropometri agar hubungan karakteristik pasien dengan dosis efektif dapat dievaluasi secara lebih komprehensif. Hasil penelitian ini didukung oleh Chu et al. (2024), Abuzaid (2025), dan Čiva et al. (2022) yang menyatakan bahwa estimasi dosis efektif lebih dipengaruhi oleh ukuran tubuh dan karakteristik anatomi pasien dibandingkan jenis kelamin itu sendiri.

Hasil penelitian ini menjawab tujuan penelitian bahwa parameter CT Scan dan karakteristik pasien memiliki pola korelasi yang berbeda terhadap dosis efektif pada pemeriksaan CT Scan Thorax. mAs menjadi faktor yang paling menonjol karena menunjukkan korelasi positif sangat kuat dan signifikan, sedangkan slice thickness dan umur tidak menunjukkan hubungan bermakna, serta jenis kelamin berada pada batas signifikansi. Implikasi praktis dari hasil ini adalah perlunya audit dan evaluasi rutin terhadap pengaturan mAs pada protokol CT Scan Thorax sebagai strategi utama pengendalian dosis. Penggunaan automatic exposure control, tube current modulation, dan iterative reconstruction dapat dipertimbangkan untuk menjaga keseimbangan antara penurunan dosis dan kualitas citra diagnostik (Ohno et al., 2019; Klein et al., 2022; Tonkopi et al., 2024). Penelitian selanjutnya perlu menambahkan variabel berat badan, BMI, diameter efektif, water-equivalent diameter, pitch, kVp, panjang scan, dan metode rekonstruksi agar model analisis dosis efektif menjadi lebih komprehensif (Hu et al., 2021; Xu et al., 2020; Gao et al., 2020; Abuzaid, 2025).

Secara keseluruhan hasil penelitian ini menegaskan bahwa pengaturan mAs menjadi faktor utama yang memengaruhi dosis efektif pada CT Scan thorax di rumah sakit penelitian. Oleh karena itu, evaluasi rutin terhadap protokol eksposi dan penggunaan Automatic Exposure

Control (AEC) perlu di lakukan untuk menjaga keseimbangan antara kualitas citra dan keselamatan radiasi pasien.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 33 pasien CT Scan Thorax, dosis efektif memiliki rerata $4,12 \pm 2,48$ mSv dengan rentang 1,30–8,31 mSv. Parameter pemeriksaan menunjukkan rerata mAs $105,00 \pm 59,63$, slice thickness $0,807 \pm 0,075$ mm, CTDI $6,77 \pm 4,21$ mGy, dan DLP $294,44 \pm 177,43$ mGy.cm. Subjek penelitian terdiri atas 22 perempuan (66,7%) dan 11 laki-laki (33,3%), dengan rerata umur $42,30 \pm 12,23$ tahun.

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa mAs merupakan parameter yang memiliki korelasi paling kuat terhadap dosis efektif pada pemeriksaan CT scan Thorax ($p = 0,945$; $p < 0,001$). Slice thickness, usia, dan jenis kelamin tidak menunjukkan hubungan yang bermakna terhadap dosis efektif. Temuan ini menjelaskan bahwa optimasi dosis efektif perlu difokuskan pada pengaturan parameter eksposi, khususnya mAs.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abuzaid, M. M. (2025). Optimizing radiation dose in high-resolution chest CT: The impact of patient-specific factors and size-specific dose estimates. *Diagnostics*, 15(6), 740. doi: 10.3390/diagnostics15060740.
- Almaasfeh, S., Salahudeen, A., Salih, M., & Abukonna, A. (2023). Estimation of effective and organ dose from chest CT. *Radiation Physics and Chemistry*, 204, 110646. doi: 10.1016/j.radphyschem.2022.110646.
- Atli, E., Uyanık, S. A., Ögüslü, U., Çevik Cenkeri, H., Yılmaz, B., & Gümüş, B. (2021). Radiation doses from head, neck, chest and abdominal CT examinations: An institutional dose report. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 27(1), 147–151. doi: 10.5152/dir.2020.19560.
- Barreto, I., Verma, N., Quails, N., Olguin, C., Correa, N., & Mohammed, T. L. (2020). Patient size matters: Effect of tube current modulation on size-specific dose estimates and image quality in low-dose lung cancer screening CT. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 21(4), 87–94. doi: 10.1002/acm2.12857.
- Brindhavan, A. (2025). Size-specific dose estimates calculated using patient size measurements from scanned projection radiograph in high-resolution chest computed tomography. *Journal of Medical Radiation Sciences*, 72(1), 85–92. doi: 10.1002/jmrs.830.
- Chen, L.-G., Wu, P.-A., Sheu, M.-H., Tu, H.-Y., & Huang, L.-C. (2019). Automatic current selection with iterative reconstruction reduces effective dose to less than 1 mSv in low-dose chest computed tomography in persons with normal BMI. *Medicine*, 98(28), e16350. doi: 10.1097/MD.00000000000016350.
- Chu, P. W., Kofler, C., Haas, B., Lee, C., Wang, Y., Chu, C. A., Smith-Bindman, R., & Bolch, W. E. (2024). Dose length product to effective dose coefficients in adults. *European Radiology*, 34, 2416–2425. doi: 10.1007/s00330-023-10262-6.
- Čiva, L. M., Beganović, A., Busuladžić, M., Jusufbegović, M., Awad-Dedić, T., & Vegar-Zubović, S. (2022). Dose descriptors and assessment of risk of exposure-induced death in patients undergoing COVID-19 related chest computed tomography. *Diagnostics*, 12(8), 2012. doi: 10.3390/diagnostics12082012.
- Costa, P. R., Tomal, A., de Oliveira Castro, J. C., Nunes, I. P. F., Nersissian, D. Y., Sawamura, M. V. Y., Leão Filho, H., & Lee, C. (2023). Diagnostic reference level quantities for adult

- chest and abdomen-pelvis CT examinations: Correlation with organ doses. *Insights into Imaging*, 14, 60. doi: 10.1186/s13244-023-01403-y.
- Cristofaro, M., Busi Rizzi, E., Piselli, P., Pianura, E., Petrone, A., Fusco, N., Di Stefano, F., & Schininà, V. (2020). Image quality and radiation dose reduction in chest CT in pulmonary infection. *La Radiologia Medica*, 125, 451–460. doi: 10.1007/s11547-020-01139-5.
- Gao, Y., Mahmood, U., Liu, T., Quinn, B., Gollub, M. J., Xu, X. G., & Dauer, L. T. (2020). Patient-specific organ and effective dose estimates in adult oncologic CT. *American Journal of Roentgenology*, 214(4), 738–746. doi: 10.2214/AJR.19.21197.
- Graafen, D., Halfmann, M. C., Emrich, T., Yang, Y., Kreuter, M., Düber, C., Kloeckner, R., Müller, L., & Jörg, T. (2023). Optimization of the reconstruction settings for low-dose ultra-high-resolution photon-counting detector CT of the lungs. *Diagnostics*, 13(23), 3522. doi: 10.3390/diagnostics13233522.
- Hu, X., Gou, J., Lin, W., Zou, C., & Li, W. (2021). Size-specific dose estimates of adult chest computed tomography examinations: Comparison of Chinese and updated 2017 American College of Radiology diagnostic reference levels based on the water-equivalent diameter. *PLOS ONE*, 16(9), e0257294. doi: 10.1371/journal.pone.0257294.
- Iball, G. R., Beeching, C. E., Gabe, R., Tam, H. Z., Darby, M., Crosbie, P. A. J., & Callister, M. E. J. (2024). An evaluation of CT radiation doses within the Yorkshire Lung Screening Trial. *British Journal of Radiology*, 97(1154), 469–476. doi: 10.1093/bjr/tqad045.
- Klein, L., Liu, C., Steidel, J., Enzmann, L., Knaup, M., Sawall, S., Maier, A., Lell, M., & Kachelrieß, M. (2022). Patient-specific radiation risk-based tube current modulation for diagnostic CT. *Medical Physics*, 49(7), 4391–4403. doi: 10.1002/mp.15673.
- Lee, S.-K., Kim, J. S., Yoon, S.-W., & Kim, J. M. (2020). Development of CT effective dose conversion factors from clinical CT examinations in the Republic of Korea. *Diagnostics*, 10(9), 727. doi: 10.3390/diagnostics10090727.
- Lim, H. K., Ha, H. I., Hwang, H. J., & Lee, K. (2019). High-pitch, 120 kVp/30 mAs, low-dose dual-source chest CT with iterative reconstruction: Prospective evaluation of radiation dose reduction and image quality compared with those of standard-pitch low-dose chest CT in healthy adult volunteers. *PLOS ONE*, 14(1), e0211097. doi: 10.1371/journal.pone.0211097.
- Milos, R. I., Röhrich, S., Prayer, F., Strassl, A., Beer, L., Heidinger, B. H., Weber, M., Watzenboeck, M. L., Kifjak, D., Tamandl, D., & Prosch, H. (2023). Ultrahigh-resolution photon-counting detector CT of the lungs: Association of reconstruction kernel and slice thickness with image quality. *American Journal of Roentgenology*, 220(5), 672–681. doi: 10.2214/AJR.22.28515.
- Ohno, Y., Koyama, H., Seki, S., Kishida, Y., & Yoshikawa, T. (2019). Radiation dose reduction techniques for chest CT: Principles and clinical results. *European Journal of Radiology*, 111, 93–103. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.12.017.
- Smith-Bindman, R., Wang, Y., Chu, P., Chung, R., Einstein, A. J., Balcombe, J., Cocker, M., Das, M., Delman, B. N., Flynn, M., Gould, R., Lee, R. K., Nelson, T. R., Schindera, S., Seibert, A., Starkey, J., Suntharalingam, S., Wetter, A., Wildberger, J. E., & Miglioretti, D. L. (2019). International variation in radiation dose for computed tomography examinations: Prospective cohort study. *BMJ*, 364, k4931. doi: 10.1136/bmj.k4931.
- Suliman, I. I., Bashier, E. H., Awad, M., Ahmed, I., Mohamed, S., & Ahmed, N. A. (2021). National diagnostic reference levels and achievable doses for standard CT examinations in Sudan. *Radiation Protection Dosimetry*, 196(1–2), 1–9. doi: 10.1093/rpd/ncab123.
- Tonkopi, E., Tetteh, M. A., Gunn, C., Ashraf, H., Rusten, S. L., Safi, P., Tinsoe, N. S., Colford, K., Ouellet, O., Naimi, S., & Johansen, S. (2024). A multi-institutional assessment of low-

- dose protocols in chest computed tomography: Dose and image quality. *Acta Radiologica Open*, 13(1), 20584601241228220. doi: 10.1177/20584601241228220.
- Xu, J., Wang, X., Yang, P., Luo, K., & He, X. (2020). Size-specific dose estimates of radiation based on body weight and body mass index for chest and abdomen-pelvic CTs. *BioMed Research International*, 2020, 6046501. doi: 10.1155/2020/6046501.
- Yang, C.-C. (2020). Evaluation of impact of factors affecting CT radiation dose for optimizing patient dose levels. *Diagnostics*, 10(10), 787. doi: 10.3390/diagnostics10100787.
- Yang, Y., Zhuo, W., Zhao, Y., Xie, T., Wang, C., & Liu, H. (2021). Estimating specific patient organ dose for chest CT examinations with Monte Carlo method. *Applied Sciences*, 11(19), 8961. doi: 10.3390/app11198961.
- Zhao, A., Fopma, S., & Agrawal, R. (2022). Demystifying the CT radiation dose sheet. *RadioGraphics*, 42(4), 1239–1250. doi: 10.1148/rg.210107.