

Analisa Variasi Faktor Eksposi Terhadap Nilai *Exposure Index* pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis

Nabilla Pramitya Puteri ¹, Prima Selvia Megawati ², Kholik Al Amin ³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Semarang

Corresponding Author: Nabilla Pramitya Puteri
e-mail: nabilla@lecturer.poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: The Exposure Index is a quantitative parameter used in digital radiography systems to indicate the level of radiation exposure received by the detector. Pelvic examinations involve a relatively large and dense area of the body, requiring a higher radiation dose than other areas to produce clear diagnostic images. The exposure index value helps determine whether the exposure is sufficient, insufficient, or excessive. The purpose of this study was to determine the appropriate exposure factor range (kV and mAs) to obtain an exposure index value in computed radiography, specifically for pelvic radiography examinations.

Methods: This research is quantitative with an experimental approach. The object of study was a body phantom. Data were collected by performing pelvic radiographic exposures using varying kV and mAs (kV: 75, 77, 80, 85, 90 and mAs: 12, 14, 16, 18, and 20) and measuring the exposure index values of the pelvic radiographs. Data were then analyzed using statistical tests.

Results: The results showed that kV had a very strong correlation with EI ($r = 0.843$; $p < 0.01$), while mAs had a moderate correlation ($r = 0.502$; $p < 0.05$). Regression analysis revealed that kV and mAs simultaneously had a significant effect on EI ($p < 0.05$), with kV as the most dominant factor.

Conclusions: The exposure factors kV and mAs significantly influence the Exposure Index (EI) value in computed radiography of the pelvis. The influence of kV on EI is more dominant than mAs, so kV settings are the primary factor in controlling EI, while mAs acts as an additional adjustment.

Keyword : *Exposure Index, Pelvic, Radiography, kV, mAs*

Pendahuluan

Pemeriksaan radiografi sinar-X merupakan salah satu metode pencitraan medis yang paling banyak digunakan dalam praktik klinis. Kualitas citra radiografi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh pemilihan faktor eksposi yang tepat, karena faktor ini menentukan jumlah dan kualitas radiasi yang diterima oleh pasien. Faktor eksposi utama yang digunakan dalam pemeriksaan radiografi meliputi tegangan tabung (kVp), arus tabung (mA), waktu paparan, serta jarak sumber ke reseptor citra (*source to image receptor distance*). Selain itu, karakteristik sistem pencitraan sinar-X seperti ukuran focal spot, total filtrasi berkas sinar-X, dan sistem pembangkitan tegangan tinggi turut mempengaruhi pemilihan faktor eksposi yang

optimal untuk menghasilkan citra diagnostik yang berkualitas (Bushong, 2017).

Perkembangan teknologi radiografi digital, khususnya *computed radiography* (CR), membawa perubahan dalam evaluasi mutu citra melalui penggunaan *exposure index*. *Exposure index* merupakan indikator kuantitatif yang menggambarkan jumlah paparan radiasi yang diterima oleh *imaging plate* dan berkaitan langsung dengan kualitas citra yang dihasilkan. Penggunaan faktor eksposi yang sesuai akan menghasilkan nilai *exposure index* yang berada dalam rentang optimal, sehingga citra radiografi memiliki kualitas diagnostik yang baik. Namun, setiap produsen sistem CR menggunakan istilah dan skala *exposure index* yang berbeda, seperti nilai S pada sistem Fuji, Philips, dan Konica Minolta, *Logarithmic of*

Median (IgM) pada sistem Agfa, serta *exposure index* pada sistem Kodak atau Carestream. Pada sistem Carestream, *exposure index* dirancang untuk menunjukkan keseimbangan antara paparan minimum dan maksimum yang direkomendasikan untuk setiap jenis pemeriksaan radiografi (Esien-umo et al., 2023).

Pemeriksaan radiografi pelvis merupakan salah satu pemeriksaan yang menantang karena melibatkan area anatomi yang luas dan memiliki kepadatan jaringan yang tinggi. Kondisi ini menuntut penggunaan faktor eksposi yang lebih besar dibandingkan dengan pemeriksaan pada area tubuh lainnya agar detail anatomi dapat divisualisasikan dengan jelas. Dalam hal ini, *exposure index* berperan penting sebagai alat evaluasi untuk menilai kecukupan paparan radiasi. Nilai *exposure index* yang berada dalam rentang rekomendasi menunjukkan bahwa citra radiograf memiliki kualitas yang memadai untuk interpretasi diagnostik, sekaligus menjaga dosis radiasi pasien tetap berada pada tingkat yang aman. Sebaliknya, nilai *exposure index* yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mengindikasikan terjadinya *underexposure* atau *overexposure*, yang berdampak pada penurunan kualitas citra maupun peningkatan risiko paparan radiasi pada pasien (Tsalafoutas et al., 2022).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas hubungan antara faktor eksposi dan kualitas citra radiografi digital, termasuk pengaruh variasi kVp dan mAs terhadap kualitas visual citra maupun dosis radiasi pasien. Penelitian sebelumnya juga telah membahas penggunaan *exposure index* sebagai indikator evaluasi kecukupan paparan pada sistem *computed radiography* secara umum. Namun, penelitian sebelumnya belum secara eksplisit membahas pengaruh variasi faktor eksposi terhadap nilai *exposure index* pada pemeriksaan radiografi pelvis, khususnya pada sistem *computed radiography* Carestream yang memiliki karakteristik *exposure index* tersendiri. Padahal, informasi mengenai hubungan variasi faktor eksposi terhadap nilai *exposure index* pada pemeriksaan pelvis diperlukan untuk menentukan parameter

eksposi optimal yang mampu menghasilkan kualitas citra diagnostik dengan paparan radiasi yang tetap terkendali.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi faktor eksposi terhadap nilai *exposure index* pada pemeriksaan radiografi pelvis. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam optimalisasi pemilihan faktor eksposi guna memperoleh kualitas citra radiografi pelvis yang optimal dengan tetap memperhatikan prinsip proteksi radiasi pasien.

Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Prodi Radiologi Purwokerto Program Diploma Tiga Poltekkes Kemenkes Semarang dengan objek penelitian yang digunakan yaitu nilai *Exposure Index* pada pemeriksaan pelvis. Penelitian dilaksanakan pada bulan April – Agustus 2025.

Langkah Penelitian

1. Menyiapkan kaset ukuran 35 x 43 cm dan phantom pelvis.
2. Melakukan input data ke monitor *Computed Radiography* (CR)
3. Melakukan eksposi radiografi pelvis dengan meletakkan phantom pelvis di pertengahan kaset.
4. FFD diatur 100 cm tegak lurus terhadap kaset
5. Kolimasi diatur sesuai kaset yang digunakan.
6. Melakukan eksposi radiografi pelvis dengan menggunakan variasi kV dan mAs.
7. kV : 75,77,80,85,90
8. mAs : 12,14,16,18,20
9. Setelah selesai melakukan eksposi, kemudian lakukan barcode kaset ke image reader.
10. Lihat dan catat nilai exposure index dari setiap variasi kV dan mAs yang digunakan.
11. Melakukan analisa variasi faktor eksposi terhadap nilai exposure index pada pemeriksaan radiografi pelvis

Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan dan Analisis Data dilakukan melalui tahap editing, koding, entry, dan tabulasi untuk merekap nilai *exposure index* radiograf phantom pelvis, kemudian dianalisis menggunakan SPSS guna mengetahui pengaruh variasi faktor eksposi kV dan mAs terhadap nilai *exposure index* pada pemeriksaan radiografi pelvis serta menarik kesimpulan.

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil

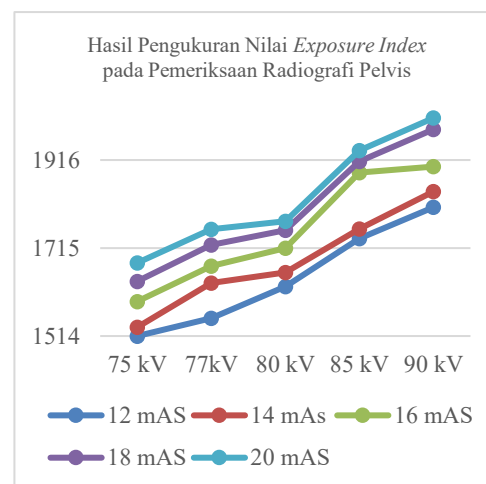
1. Pengukuran Nilai *Exposure Index*

Nilai *exposure index* pada penelitian ini didapatkan dari pemeriksaan radiografi pelvis dengan menggunakan *Computed Radiography* (CR) merk *Carestream*. Data nilai *Exposure Index* tersebut dicatat untuk setiap variasi faktor eksposi yang digunakan dan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel berikut untuk memudahkan analisis dan interpretasi hasil penelitian.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Nilai *Exposure Index* pada Pemeriksaan Pelvis

No	kV	mAs	Exposure Index	Rerata
1	75	12	1514	1592,2
2	75	14	1534	
3	75	16	1593	
4	75	18	1639	
5	75	20	1681	
6	77	12	1555	1668,8
7	77	14	1635	
8	77	16	1674	
9	77	18	1722	
10	77	20	1758	
11	80	12	1627	1706,6
12	80	14	1659	
13	80	16	1715	
14	80	18	1756	
15	80	20	1776	
16	85	12	1737	1846,8
17	85	14	1759	
18	85	16	1887	
19	85	18	1913	
20	85	20	1938	
21	90	12	1808	1910,2
22	90	14	1844	
23	90	16	1901	
24	90	18	1986	
25	90	20	2012	

Grafik 1. Hasil Pengukuran Nilai *Exposure Index* pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis



2. Normalitas Data

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak sebagai dasar dalam menentukan jenis uji statistik yang akan digunakan pada analisis selanjutnya. Pada penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan metode Shapiro-Wilk test karena jumlah sampel kurang dari 50 ($n = 25$). Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (p -value) $> 0,05$, sedangkan apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka data dinyatakan tidak berdistribusi normal. Hasil uji normalitas masing-masing variabel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data

Variabel	<i>p</i> -value	Keterangan
Faktor Eksposi kV	0,003	Data tidak berdistribusi normal
Faktor Eksposi mAs	0,013	Data tidak berdistribusi normal
EI	0,663	Data berdistribusi normal

Berdasarkan hasil uji normalitas data, diperoleh bahwa variabel faktor eksposi kV memiliki nilai signifikansi sebesar 0,003 ($p < 0,05$), sehingga data tidak berdistribusi normal. Variabel faktor eksposi mAs menunjukkan nilai

signifikansi sebesar 0,013 ($p < 0,05$), yang juga mengindikasikan bahwa data tidak berdistribusi normal. Sementara itu, variabel *Exposure Index* (EI) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,663 ($p > 0,05$), sehingga dapat dinyatakan berdistribusi normal.

Dengan demikian, hanya variabel *Exposure Index* (EI) yang memenuhi asumsi normalitas, sedangkan variabel faktor eksposi kV dan mAs tidak berdistribusi normal. Karena sebagian data tidak memenuhi asumsi normalitas, maka analisis statistik lanjutan tidak menggunakan uji parametrik yang mensyaratkan distribusi normal, melainkan menggunakan uji non parametrik. Uji non parametrik yang digunakan yaitu uji korelasi (*spearman rank correlation*).

3. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan menggunakan uji korelasi *Spearman rank correlation*. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara faktor eksposi kV dengan *Exposure Index* (EI) dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,843 dan nilai signifikansi $p = 0,000$ ($p < 0,01$) seperti pada tabel 3. di bawah ini:

Tabel 3. Hasil uji *Spearman rank correlation* (analisis bivariat)

Variabel	EI (r)	p-value	Keterangan
Faktor Eksposi kV	0,843	0,000	Sangat kuat, signifikan
Faktor Eksposi mAs	0,502	0,011	Cukup kuat, signifikan

Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat dan searah, di mana peningkatan nilai kV diikuti dengan peningkatan nilai EI. Selain itu, hubungan antara faktor eksposi mAs dengan *Exposure Index* (EI) juga menunjukkan hasil yang signifikan dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,502 dan nilai signifikansi $p = 0,011$ (p

$< 0,05$). Hasil ini mengindikasikan adanya hubungan yang cukup kuat dan searah antara mAs dan EI.

Sementara itu, tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara faktor eksposi kV dengan mAs ($r = 0,000$; $p = 1,000$), yang menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut tidak memiliki hubungan yang bermakna dalam penelitian ini. Dengan demikian, faktor eksposi kV memiliki hubungan yang lebih kuat terhadap *Exposure Index* (EI) dibandingkan dengan faktor eksposi mAs.

4. Analisis Multivariat

Analisis multivariat dilakukan menggunakan regresi linear berganda untuk mengetahui pengaruh faktor eksposi kV dan mAs terhadap *Exposure Index* (EI). Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa kedua variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap EI ($p < 0,05$) seperti pada tabel 4. dibawah ini :

Tabel 4. Hasil uji regresi linear berganda (analisis multivariat)

Variabel	B	Beta	t	p-value	Keterangan
Konstanta	-365,195	-	-4,358	0,000	Signifikan
Faktor Eksposi kV	21,140	0,845	22,011	0,000	Signifikan
Faktor Eksposi mAs	24,330	0,504	13,116	0,000	Signifikan

Nilai koefisien regresi menunjukkan bahwa faktor eksposi kV memiliki nilai B sebesar 21,140 dengan nilai signifikansi $p = 0,000$, yang berarti setiap peningkatan 1 satuan kV akan meningkatkan nilai EI sebesar 21,140 satuan, dengan asumsi variabel lain konstan. Sementara itu, faktor eksposi mAs memiliki nilai B sebesar 24,330 dengan nilai signifikansi $p = 0,000$, yang menunjukkan bahwa setiap peningkatan 1 satuan mAs akan meningkatkan nilai EI sebesar 24,330 satuan.

Berdasarkan nilai koefisien beta terstandarisasi (*Standardized Coefficients*), faktor eksposi kV

memiliki nilai sebesar 0,845, lebih tinggi dibandingkan mAs sebesar 0,504. Hal ini menunjukkan bahwa faktor eksposi kV memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap *Exposure Index* (EI) dibandingkan dengan faktor eksposi mAs. Persamaan regresi linear berganda yang diperoleh adalah $EI = -365,195 + 21,140 (kV) + 24,330 (mAs)$. Dengan demikian, faktor eksposi kV dan mAs secara simultan berpengaruh signifikan terhadap *Exposure Index* (EI), dengan kV sebagai variabel yang paling dominan mempengaruhi nilai EI.

B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor eksposi kV memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap *Exposure Index* (EI) dibandingkan mAs yang didukung oleh penelitian terbaru yang menyatakan bahwa EI sangat dipengaruhi oleh kV, mAs, serta karakteristik sistem detektor yang digunakan. Hal ini memperkuat bahwa perubahan pada kV memberikan dampak yang lebih besar terhadap intensitas radiasi yang diterima detektor dibandingkan mAs (Tsalafoutas et al., 2026).

Peningkatan kV akan meningkatkan energi foton sinar-X sehingga meningkatkan daya tembus radiasi dan mengurangi atenuasi oleh jaringan. Akibatnya, jumlah foton yang mencapai detektor meningkat secara signifikan dan berdampak langsung pada peningkatan nilai EI. Studi terbaru menunjukkan bahwa EI memiliki hubungan erat dengan parameter eksposi dan kondisi pasien, serta berkorelasi dengan kualitas citra dan dosis radiasi yang diterima. Hal ini menjelaskan mengapa dalam penelitian ini kV memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap EI dibandingkan mAs.

Sementara itu, mAs berperan dalam meningkatkan jumlah foton tanpa mengubah energi radiasi. Walaupun peningkatan mAs juga meningkatkan nilai EI, pengaruhnya tidak sebesar kV. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa EI dapat digunakan

sebagai indikator untuk mengevaluasi kesesuaian eksposi, tetapi interpretasinya harus mempertimbangkan kombinasi parameter eksposi yang digunakan.

Dalam sistem radiografi digital modern, *Exposure Index* (EI) telah dikembangkan sebagai alat penting dalam optimasi dosis dan kualitas citra. Pada pemeriksaan radiografi pelvis, yang memiliki karakteristik anatomi dengan ketebalan jaringan dan densitas tulang yang tinggi, pemanfaatan EI menjadi sangat krusial untuk memastikan bahwa paparan radiasi yang diterima detektor berada pada rentang optimal. EI digunakan sebagai indikator untuk membantu pemilihan parameter eksposi yang optimal guna menghasilkan kualitas citra yang baik dengan dosis minimal (Soulis et al, 2024).

Selain itu, variasi nilai EI juga dipengaruhi oleh faktor sistem, seperti jenis detektor dan manufaktur alat. penelitian terbaru menunjukkan bahwa nilai EI dan *Deviation Index* (DI) dapat bervariasi pada berbagai jenis pemeriksaan termasuk pelvis, meskipun menggunakan parameter eksposi yang sama karena disebabkan oleh perbedaan sensitivitas detektor dan algoritma pemrosesan citra antar sistem radiografi digital. Oleh karena itu, interpretasi nilai EI pada pemeriksaan pelvis harus mempertimbangkan karakteristik alat yang digunakan agar tidak terjadi bias dalam evaluasi kualitas citra maupun estimasi paparan radiasi (Jreije et al., 2024).

Pengaturan kV sangat penting dalam pemeriksaan radiografi pelvis. Dengan memilih nilai kV yang tepat, sinar-X dapat menembus bagian tubuh dengan lebih baik sehingga gambar yang dihasilkan tetap jelas. Di sisi lain, pengaturan mAs tetap diperlukan untuk memastikan jumlah radiasi yang cukup agar gambar tidak terlihat buram atau terlalu banyak *noise*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyeimbangan penggunaan kV dan mAs agar diperoleh hasil gambar yang baik

sekaligus menjaga keselamatan pasien (Welarathna S et al., 2024).

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan bahwa variasi faktor eksposi berupa kV dan mAs berpengaruh signifikan terhadap nilai *Exposure Index* (EI) pada pemeriksaan radiografi pelvis menggunakan sistem *computed radiography* (CR). Temuan penelitian ini memberikan bukti bahwa peningkatan nilai kV dan mAs menyebabkan perubahan nilai EI, dengan faktor kV menunjukkan pengaruh yang lebih dominan dibandingkan mAs.

Namun Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya penggunaan satu jenis sistem *computed radiography* yang digunakan (Carestream) sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasi pada sistem atau produsen CR lainnya yang memiliki karakteristik *Exposure Index* berbeda. Selain itu, penelitian hanya berfokus pada pemeriksaan radiografi pelvis dan belum mengevaluasi pengaruh faktor eksposi pada pemeriksaan organ lain maupun parameter kualitas citra secara subjektif oleh radiolog atau radiografer. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan berbagai sistem radiografi digital, variasi objek pemeriksaan, serta analisis kualitas citra diagnostik yang lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- Bushong, S. C. (2017). *Radiologic Science for Technologists* (Eleventh E). Elsevier.
- Esien-umo, E. O., Erim, A. E., Chiaghanam, N. O., Ogbu, T., Ijeve, A. W., Archibong, B. E., Osakwe, C. A., & Ekpo, E. U. (2023). Exposure index in digital radiography: initial results of awareness and knowledge from Nigerian digital radiography practices. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 54(1), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2022.11.004>
- Jreije, A., Krynke, L., Gričienė, B., Rimkus, B., Dementavičienė, J., & Skovorodko, K. (2024). Evaluation of the performance of digital x-ray systems in pelvis radiography. *Journal of Radiological Protection*, 44(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ad5d79>
- Lampignano, J. P., & Kendrick, L. E. (2023). *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy* (Elsevier, Ed.; 9th Edition).
- Soulis P, Papavasileiou P, Bakas A, Lavdas E, Stogiannos N, Galanis P. "Exposing" the exposure index: Navigating between image quality and radiation dose. *J Med Imaging Radiat Sci*. 2024 Dec;55(4):101766. doi: 10.1016/j.jmir.2024.101766. Epub 2024 Sep 23. PMID: 39317136.
- Tsalafoutas, I. A., AlKhazzam, S., AlNaemi, H., & Kharita, M. H. (2022). From the use of exposure index in quality control testing to the use of exposure index for quality control of clinical images. *European Journal of Radiology Open*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.ejro.2022.100454>
- Tsalafoutas IA, AlKhazzam S, Kharita MH. Exposure index in digital radiography and its dependence on acquisition parameters, anatomy, and manufacturer. *J Appl Clin Med Phys*. 2026 Jan;27(1):e70331. doi: 10.1002/acm2.70331. PMID: 41533206; PMCID: PMC12802571.
- Welarathna S, Velautham S, Sarasanandarajah S. Patient dose and associated exposure parameters in pelvic x-ray examinations: dependence on radiographic system. *Radiat Environ Biophys*. 2024 Aug;63(3):433-442. doi: 10.1007/s00411-024-01080-5. Epub 2024 Jul 17. PMID: 39020221.