

Implementasi Nilai *Exposure Index* dan Indeks Massa Tubuh dalam Pemilihan Parameter Sistem *Automatic Exposure Control* Pada Radiografi Toraks (Studi Kasus pada Rumah Sakit Universitas Andalas)

Riyan Yulma Susanto¹, Rico Adrial^{1*}, Dian Milvita¹, Amel Oktavia²

¹)Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163.

²)Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas, Padang

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 2 April 2025

Direvisi: 5 Juni 2025

Diterima: 2 Juli 2025

Kata kunci:

Computed Radiography (CR)

Exposure Index (EI)

Imaging Plate (IP)

Indeks Massa Tubuh (IMT)

Sistem Automatic Exposure Control (AEC)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi nilai *Exposure Index* (EI) untuk mengevaluasi indikasi paparan yang terjadi pada pemeriksaan toraks *Posterior Anterior* (PA). Penelitian ini juga mengkaji implementasi Indeks Massa Tubuh (IMT) pasien dalam pemilihan parameter seperti taksiran ukuran tubuh pada sistem *Automatic Exposure Control* (AEC). Pengambilan data dilakukan pada pasien dengan usia 15-73 tahun yang menjalani pemeriksaan toraks PA menggunakan sistem AEC. Data yang dibutuhkan meliputi massa pasien (kg), tinggi pasien (m), pilihan taksiran ukuran tubuh pada sistem AEC, dan nilai faktor eksposi (tegangan sumber (kV)) serta nilai EI. Metode yang digunakan untuk mengkaji implementasi nilai EI adalah membandingkan nilai EI hasil pemeriksaan dengan nilai EI rekomendasi vendor *Computed Radiography* (CR) serta menggunakan standar AAPM TG-116 untuk menentukan indikasi paparan yang dihasilkan. Metode untuk mengkaji implementasi nilai IMT dalam menentukan pemilihan parameter pada sistem AEC adalah dengan menganalisa kesesuaian pemilihan parameter sistem AEC dengan nilai IMT pasien. Berdasarkan rekomendasi vendor CR indikasi paparan yang dihasilkan optimal sebesar 57% dan *under exposure* sebesar 43% sedangkan berdasarkan standar AAPM TG-116 menghasilkan optimal sebesar 63% dan *under exposure* sebesar 37%. Nilai IMT pasien belum diimplementasikan saat pemilihan parameter sistem AEC. Meskipun dua hal tersebut belum diimplementasikan, akan tetapi citra radiografi yang diperoleh masih dapat dibaca dan dianalisis.

Keywords:

Computed Radiography (CR)

Exposure Index (EI)

Imaging Plate (IP)

Body Mass Index (BMI)

Automatic Exposure Control Systems (AEC)

This study aims to analyze the implementation of Exposure Index (EI) values to evaluate exposure indications occurring in Posterior-Anterior (PA) chest radiography examinations. It also examines the implementation of patients' Body Mass Index (BMI) in selecting parameters such as estimated body size in the Automatic Exposure Control (AEC) system. Data collection was conducted on patients aged 15–73 years who underwent PA chest radiography using the AEC system. The data collected included patient weight (kg), height (m), selected estimated body size in the AEC system, exposure factors (tube voltage (kV)), and EI values. The method used to evaluate the implementation of EI values involved comparing the EI values obtained from examinations with the recommended EI values from the Computed Radiography (CR) vendor and using the AAPM TG-116 standard to determine the resulting exposure indications. The method for evaluating the implementation of BMI in selecting AEC system parameters was analyzing the suitability of AEC parameter selection based on the patient's BMI value. According to the CR vendor's recommendations, 57% of the exposure indications were optimal, while 43% indicated underexposure. Based on the AAPM TG-116 standard, 63% were optimal and 37% indicated underexposure. Patients' BMI values have not yet been implemented in selecting AEC system parameters. Despite these two aspects not yet being implemented, the resulting radiographic images remained interpretable and analyzable.

Penulis Korespondensi:

Rico Adrial

Email:

ricoadrial@sci.unand.ac.id

I. PENDAHULUAN

Teknologi digital radiografi telah mengalami perkembangan pesat dan semakin banyak digunakan dalam dunia medis untuk membantu diagnosis kesehatan pasien. Proses pencitraan radiografi memanfaatkan radiasi sinar-X yang diarahkan ke tubuh pasien dan ditangkap oleh *Imaging Plate (IP)* sebagai detektor untuk kemudian diproses menjadi citra medis. Pemeriksaan radiografi melibatkan dua komponen utama, yaitu modalitas radiografi sebagai sumber radiasi dan sistem radiografi digital yang berperan dalam pengolahan citra (Hiswara, 2023).

Modalitas radiografi mencakup berbagai jenis alat yang digunakan dalam pemeriksaan, salah satunya adalah pesawat sinar-X radiografi umum yang sering dimanfaatkan untuk pemeriksaan rongga dada (toraks). Pesawat ini dilengkapi dengan sistem *Automatic Exposure Control (AEC)* yang secara otomatis menyesuaikan faktor eksposi, seperti tegangan (kV) dan arus waktu (mAs), guna mengoptimalkan paparan radiasi yang diterima pasien (Akhadi, 2020; Dance et al., 2014). Beberapa parameter dalam sistem AEC mempertimbangkan ukuran tubuh pasien, yang secara umum dikategorikan sebagai kurus, normal, dan gemuk berdasarkan nilai *Indeks Massa Tubuh (IMT)* (Nurdono et al., 2019).

Sistem radiografi digital yang umum digunakan terbagi menjadi *computed radiography (CR)* dan *digital radiography (DR)*. CR menggunakan kaset *IP* untuk menangkap sinar-X sebelum diproses menjadi citra digital, sementara DR memungkinkan pencitraan digital secara langsung tanpa memerlukan kaset *IP* (Dance et al., 2014). Dalam sistem CR, nilai *exposure index (EI)* digunakan untuk mengukur besarnya paparan radiasi yang diterima oleh *IP*. Meskipun *EI* merepresentasikan paparan yang diterima detektor, nilai ini juga dapat digunakan sebagai indikator dosis radiasi yang diterima pasien (Bushberg et al., 2012). Berdasarkan rekomendasi vendor CR merek Carestream (Kodak) menyatakan bahwa penyinaran optimal memiliki rentang *EI* antara 1300 hingga 1800. Nilai *EI* di bawah 1300 menunjukkan *under exposure* dan di atas 1800 menunjukkan *over exposure* (Seeram, 2014). Selain menggunakan rekomendasi vendor, juga terdapat standar AAPM TG-116 yang digunakan untuk menentukan indikasi paparan. Pada standar AAPM TG-116, indikasi paparan dapat ditentukan dari nilai *deviation index (DI)* yang dihasilkan dari Persaman 1.

$$DI = 10 \log_{10} \left(\frac{EI}{EI_T} \right) \quad (1)$$

DI merupakan nilai *deviation Index*, *EI* merupakan nilai *exposure index* yang dihasilkan saat pemeriksaan, dan *EI_T* merupakan nilai *exposure index target*. Adapun nilai *EI_T* yang digunakan bernilai 1450 (Scott et al., 2016). Hasil perhitungan nilai *DI* dapat digunakan untuk menentukan indikasi paparan. Rekomendasi nilai *DI* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekomendasi nilai *DI* pada standar AAPM TG-116

<i>Deviation Index (DI)</i>	Indikasi paparan	Tindakan medis
$DI > 3$	2x <i>over exposure</i>	Pengulangan jika citra gelap
$DI > 0,5$	<i>Over exposure</i>	Pengulangan jika citra gelap
$-0,5 > DI > 0,5$	Optimal	-
$DI < -0,5$	<i>Under exposure</i>	Konsultasi untuk pengulangan
$-3 > DI$	2x <i>under exposure</i>	Pengulangan penyinaran

(Sumber: AAPM, 2009)

Berbagai penelitian telah menyoroti ketidaksesuaian nilai *EI* dalam pemeriksaan radiografi toraks. Nurdono et al. (2019) melaporkan bahwa sistem AEC dengan pilihan ukuran tubuh normal menghasilkan *over exposure* sebesar 9%, sedangkan untuk pasien gemuk mencapai 44%. Penelitian lain oleh Nurrokhim et al. (2021) pada pemeriksaan toraks *pediatrik* menunjukkan bahwa nilai *EI* yang dihasilkan sering melebihi standar rekomendasi. Selain itu, studi di beberapa rumah sakit di Islandia menemukan bahwa penerapan *EI* dalam radiografi toraks proyeksi AP sering kali tidak sesuai dengan standar *International Electrotechnical Commission (IEC)* 62494-1 (Guojonsdottir et al., 2021).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian mengenai implementasi nilai *EI* dan nilai *IMT* dalam pemilihan parameter sistem AEC untuk pemeriksaan toraks PA di Instalasi

Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas. Pemeriksaan toraks PA dengan sistem CR merek Carestream adalah prosedur yang paling sering dilakukan di Rumah Sakit Universitas Andalas (Sari, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai efektivitas sistem AEC dalam mengoptimalkan paparan radiasi berdasarkan implementasi nilai *EI* yang dihasilkan serta mengkaji korelasi nilai IMT terhadap nilai *EI*, sehingga dapat meningkatkan kualitas pencitraan sekaligus mengurangi risiko paparan radiasi yang berlebihan bagi pasien.

II. METODE

2.1 Pengumpulan Data

Pengambilan data penelitian dilakukan selama 2 bulan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas. Data yang dibutuhkan berupa inisial pasien, usia pasien, massa tubuh pasien (kg), tinggi badan pasien (m), jenis pilihan taksiran ukuran tubuh (kurus, normal, dan gemuk) untuk pemeriksaan pada sistem AEC, tegangan (kV), arus waktu (mAs), dan nilai *EI*. Jumlah data yang dibutuhkan adalah 75 data yang terbagi menjadi tiga berdasarkan pilihan taksiran ukuran tubuh pada sistem AEC yang masing masing berjumlah 25 data.

2.2 Pengolahan dan Analisis Data

2.2.1 Pengklasifikasian jenis indikasi paparan dan analisis implementasi nilai *EI*

Nilai *EI* hasil pemeriksaan untuk 75 data dibandingkan dengan nilai *EI* yang direkomendasikan oleh vendor CR merek Carestream (optimal ketika nilai *EI* bernilai 1300 hingga 1800). Nilai *DI* yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan Persamaan (1) digunakan untuk menentukan indikasi paparan berdasarkan standar AAPM TG-116. Selanjutnya, hasil penelitian dihitung persentase paparan yang dihasilkan (optimal, *under exposure* dan *over exposure*). Hasil penelitian dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya dan dilakukan analisis implementasi nilai *EI* pada pemeriksaan toraks PA.

2.2.2 Distribusi dan analisis pengaruh nilai IMT terhadap nilai *EI*

Tinggi dan massa tubuh pasien yang diukur disubstitusikan ke dalam Persamaan (2) untuk menentukan nilai IMT pasien.

$$IMT = \frac{BB}{TB^2} \quad (2)$$

Dengan BB merupakan tinggi badan pasien (kg), TB merupakan tinggi pasien (m). nilai IMT yang diperoleh dibandingkan dengan tabel klasifikasi nilai IMT di Indonesia (Sumber: P2PTM Kemenkes RI, 2019) untuk mengetahui klasifikasi tubuh dari pasien yang menjalani pemeriksaan. Nilai IMT dan nilai *EI* yang dihasilkan untuk masing-masing pasien disubstitusikan ke dalam grafik berdasarkan kelompok pilihan taksiran ukuran tubuh pada sistem AEC. Analisis dilakukan dengan membandingkan kesesuaian antara pemilihan parameter sistem AEC dengan kondisi fisik pasien.

III. HASIL DAN DISKUSI

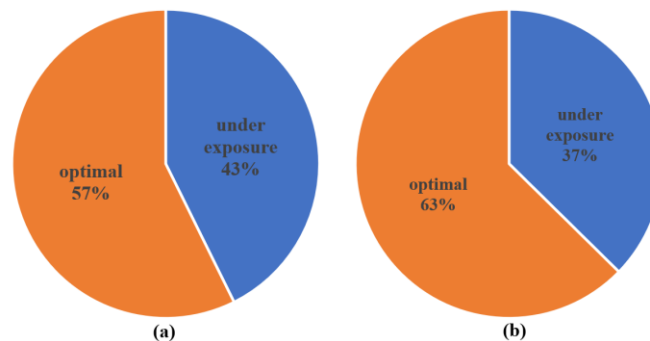
3.1 Implementasi Nilai *EI* pada Pemeriksaan Toraks PA

Interpretasi hasil klasifikasi indikasi paparan radiasi berdasarkan rekomendasi vendor CR dan standar AAPM TG-116 pada pemeriksaan toraks PA menggunakan sistem AEC dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan persentase indikasi paparan yang diterima oleh *Image Plate* (IP) pada pemeriksaan toraks PA dengan sistem *Automatic Exposure Control* (AEC). Dari gambar tersebut, terlihat bahwa terdapat sejumlah pemeriksaan yang masuk dalam kategori *under exposure*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem AEC di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas masih perlu ditingkatkan untuk memastikan bahwa mayoritas pemeriksaan berada dalam kategori paparan optimal.

Namun, dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya, sistem di rumah sakit ini menunjukkan performa yang lebih baik. Misalnya, penelitian oleh Wulandari et al, (2023) menemukan bahwa 97,2% pemeriksaan berada dalam kategori *under exposure*, sementara hanya 1,5% yang optimal

dan 1,3% yang *over exposure*, sedangkan studi oleh Nurdono et al, (2019) melaporkan bahwa 14% pemeriksaan berada dalam kategori *under exposure*, 54% optimal, dan 32% *over exposure*.



Gambar 1 Persentase indikasi paparan yang diterima oleh IP pada pemeriksaan toraks PA dengan sistem AEC: (a) berdasarkan rekomendasi vendor CR, dan (b) berdasarkan standar AAPM TG-116

Perbedaan persentase indikasi paparan yang diperoleh dari rekomendasi vendor CR dan standar AAPM TG-116 disebabkan oleh perbedaan pendekatan dalam menentukan paparan optimal. Rekomendasi vendor menggunakan rentang *Exposure Index* (*EI*) sebagai indikator utama dengan kisaran optimal antara 1400 hingga 1800, yang bersifat absolut. Selama nilai *EI* berada dalam kisaran tersebut, paparan dianggap optimal. Sebaliknya, standar AAPM TG-116 menggunakan *Deviation Index* (*DI*), yang dihitung berdasarkan Persamaan (1) dengan nilai target *EI* (EI_T) sebesar 1450 (Scott et al., 2016). Pendekatan ini lebih sensitif terhadap perubahan *EI* karena menggunakan skala logaritmik, sehingga deviasi kecil dari nilai target dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam kategori paparan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa standar AAPM TG-116 cenderung mengkategorikan lebih banyak sampel sebagai paparan optimal dibandingkan dengan rekomendasi vendor. Hal ini disebabkan oleh metode perhitungan *DI* yang memungkinkan sampel dengan *EI* mendekati nilai target tetap dikategorikan sebagai paparan optimal, meskipun menurut standar vendor, *EI* tersebut masih berada di luar kisaran optimal. Dengan demikian, perbedaan metode dalam menentukan paparan optimal menyebabkan variasi hasil klasifikasi antara kedua pendekatan ini.

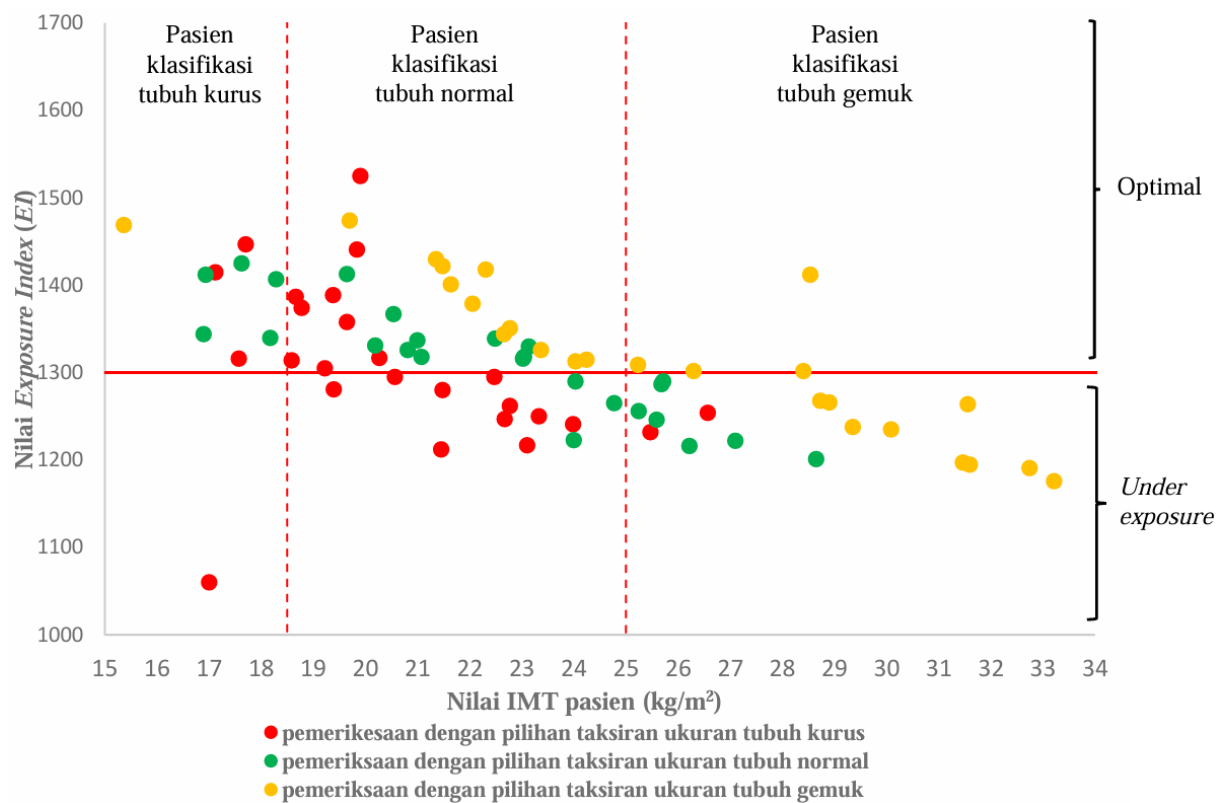
3.2 Implementasi Nilai IMT Pasien dalam Pemilihan Parameter Sistem AEC pada Radiografi Toraks PA

Distribusi nilai IMT pasien yang digunakan pada penelitian ini untuk ketiga jenis pilihan taksiran ukuran tubuh pada sistem AEC dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan taksiran ukuran tubuh pada sistem AEC masih belum sepenuhnya sesuai dengan kondisi fisik pasien. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, terdapat beberapa kasus di mana pasien dengan klasifikasi tubuh normal (IMT 18,6-24 kg/m²) dan pasien dengan klasifikasi tubuh gemuk (IMT 25,5-26,6 kg/m²) menjalani pemeriksaan menggunakan faktor eksposi yang diperuntukkan bagi pasien kurus.

Pemeriksaan menggunakan pilihan taksiran ukuran tubuh kurus bagi pasien dengan klasifikasi tubuh normal menunjukkan indikasi paparan optimal. Namun, tidak semua pasien dengan klasifikasi tubuh normal dapat diberikan faktor eksposi ini, karena dari 19 sampel, 47,37% menghasilkan paparan optimal, sementara 52,63% mengalami *under exposure*. Selain itu, semua pasien dengan klasifikasi tubuh gemuk yang diperiksa dengan taksiran ukuran tubuh kurus mengalami *under exposure*. Hal ini sesuai dengan temuan Bequet dan Isnoviasih, (2022) yang menyatakan bahwa tegangan sumber yang tidak sesuai berpengaruh terhadap nilai *EI*. Tegangan yang lebih rendah mengakibatkan intensitas radiasi sinar-X berkurang, sehingga paparan yang diterima oleh IP menjadi lebih rendah dan menyebabkan nilai *EI* yang lebih kecil.

Selain itu, terdapat pasien dengan klasifikasi tubuh kurus (IMT 17 kg/m²) yang mengalami *under exposure* dengan nilai *EI* sebesar 1060. Hal ini dapat disebabkan oleh *delay time processing*, yaitu waktu tunda antara eksposi dan pemrosesan citra, sebagaimana dinyatakan oleh (Rochmayanti et al., 2018). *Delay time processing* dapat menyebabkan penurunan nilai *EI* karena pelepasan energi dari IP seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, sangat disarankan agar IP segera diproses setelah eksposi untuk menghindari penurunan kualitas citra.



Gambar 2 Distribusi nilai IMT pasien pada pemeriksaan toraks PA untuk ketiga jenis pilihan taksiran ukuran tubuh pada sistem AEC

Pemeriksaan dengan pilihan taksiran ukuran tubuh normal juga menunjukkan ketidaksesuaian dengan kondisi fisik pasien. Beberapa pasien dengan klasifikasi tubuh kurus (IMT 17-18,3 kg/m^2) dan tubuh gemuk (IMT 25,2-28,6 kg/m^2) menjalani pemeriksaan dengan faktor eksposi untuk tubuh normal, sehingga nilai *EI* yang dihasilkan tidak selalu sesuai dengan rekomendasi vendor CR. Dalam penelitian ini, 21,43% dari 14 sampel pasien normal yang menjalani pemeriksaan dengan taksiran ukuran tubuh normal mengalami *under exposure*. Sebaliknya, pasien dengan klasifikasi tubuh gemuk yang diperiksa dengan faktor eksposi normal juga mengalami *under exposure*.

Pemeriksaan dengan pilihan taksiran ukuran tubuh gemuk menunjukkan hasil yang beragam. Terdapat pasien dengan klasifikasi tubuh kurus (IMT 15,4 kg/m^2) dan pasien dengan tubuh normal (IMT 19,7-24,2 kg/m^2) yang menjalani pemeriksaan dengan faktor eksposi untuk pasien gemuk. Dari hasil penelitian, hanya 30,77% pasien gemuk yang mendapatkan paparan optimal, sedangkan 69,23% mengalami *under exposure*. Namun, pasien dengan klasifikasi tubuh kurus dan normal yang diperiksa dengan faktor eksposi yang sama lebih banyak menghasilkan paparan optimal.

Beberapa sampel menunjukkan nilai *EI* yang tinggi dibandingkan dengan yang lain, seperti pasien dengan IMT 28,5 kg/m^2 yang memiliki nilai *EI* sebesar 1412. Hal ini dapat disebabkan oleh penggunaan kolimasi yang lebih luas dari ukuran tubuh pasien. Menurut Rochmayanti et al, (2018), perluasan kolimasi meningkatkan intensitas radiasi yang diterima oleh *IP*, yang berakibat pada peningkatan nilai *EI*. Namun, menurut Stollfuss et al, (2015), kolimasi yang berlebihan dapat memberikan dampak negatif pada jaringan tubuh yang terpapar radiasi. Pengurangan kolimasi tidak hanya mengurangi radiasi yang diterima oleh jaringan yang tidak perlu, tetapi juga meningkatkan kontras dan kualitas citra dengan mengurangi radiasi hambur.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi nilai IMT dalam menentukan parameter sistem AEC berupa pilihan taksiran ukuran tubuh masih belum diterapkan secara optimal. Salah satu kendala utama adalah jumlah pasien yang banyak, yang membuat radiografer tidak memiliki cukup waktu untuk mengukur tinggi dan berat badan guna menghitung IMT sebelum pemeriksaan.

Meskipun terdapat ketidaksesuaian dalam pemilihan taksiran ukuran tubuh, citra radiografi yang diperoleh masih dapat dibaca oleh ahli radiologi dan dokter tanpa perlu pemeriksaan ulang. Hal ini dapat dijelaskan oleh peran detektor sistem AEC yang secara otomatis menyesuaikan waktu paparan (s) berdasarkan ketebalan jaringan. Sistem AEC bekerja dengan mendeteksi jumlah radiasi yang mencapai detektor, sehingga jika tubuh pasien lebih tebal, sistem akan secara otomatis meningkatkan waktu eksposi agar kualitas citra tetap terjaga. Fitriana dan Utami (2021) menyatakan bahwa faktor utama yang memengaruhi keluaran arus waktu (mAs) adalah ketebalan tubuh pasien, bukan hanya IMT. Oleh karena itu, meskipun terdapat korelasi antara nilai IMT dengan keluaran nilai arus waktu, hubungan tersebut tidak sepenuhnya kuat karena distribusi lemak tubuh dapat bervariasi pada setiap individu, yang berdampak pada kemampuan radiasi sinar-X untuk mencapai detektor sistem AEC.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa implementasi nilai EI pada pemeriksaan radiografi toraks PA dengan metode AEC di RS UNAND masih memperoleh indikasi paparan radiasi yang *under exposure*. Nilai IMT belum diimplementasikan dalam pemilihan parameter sistem AEC. Meskipun dua hal tersebut belum diimplementasikan akan tetapi citra radiografi yang dihasilkan masih dapat dibaca dan dianalisis oleh para ahli dan pasien tidak menjalani pemeriksaan ulang akibat citra radiografi yang *under exposure*.

DAFTAR PUSTAKA

- AAPM TG-116., 2009, An Exposure Indicator for Digital Radiography, Texas.
- Akhadi, M., 2020, *Sinar-X Menjawab Masalah Kesehatan*, Deepublish, Yogyakarta.
- Bequet, A.Y., Isnoviasih, S.T., 2022, Perbandingan Nilai Index Exposure pada Radiografi Thorax dengan perubahan Kombinasi Nilai mA dan s pada nilai mAs yang sama, *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, Vol. 8, Hal. 135–140.
- Bushberg, J.T., Seibert, J.A., Leidholdt JR, E.M., Boone, J.M., 2012, *The Essential Physics of Medical Imaging*, Edisi Ketiga, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Dance, D.R., Christofides, S., Maidment, A.D.A., Mclean, I.D., Ng, K.H., 2014, *Diagnostic Radiology Physics : A Handbook for Teachers and Students*, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Fitriana, L., Utami, H.S., 2021, Perbedaan Nilai Image Noise Dan Dosis Radiasi Dengan Menggunakan Automatic Exposure Control (AEC) Pada Pemeriksaan Ct Scan, *Jurnal Kesehatan*, Vol. 12, Hal. 131–136, DOI: 10.38165/jk.v12i2.259.
- Guojonsdottir, J., Paalsson, K.E., Sveinsdottir, G.P., 2021, Are the Target Exposure Index and Deviation Index Used Efficiently ?, *Radiography*, Vol. 27, Hal. 903–907, DOI: 10.1016/j.radi.2021.02.012.
- Hiswara, E., 2023, *Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta.
- Nurdono, Indrato, T.B., Utomo, B., 2019, Analisis Penyimpangan Sistem Automatic Eksposure Control Pada Pesawat Digital Radiografi Philips (Penghitungan Berdasarkan Indeks Eksposure), *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan*, Surabaya.
- Nurrokhim, M.L., Rochmayanti, D., Budiono, A., 2021, Standarisasi Indeks Eksposur untuk Memenuhi Kriteria Anatomi dan Aspek Teknis pada Radiografi Thorax Pediatrik, *Jurnal Imejing Diagnostik*, Vol. 7, Hal. 22–27.
- P2PTM, K.R., 2019, Tabel Batas Ambang Indeks Massa Tubuh (IMT). <https://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/obesitas/klasifikasi-obesitas-setelah-pengukuran-imt> (diakses 9-Februari-2025).
- Rochmayanti, D., Darmini, D., Jannah, M., 2018, Faktor Determinan Kolimasi, Ukuran Imaging Plate Dan Delay Time Processing Terhadap Exposure Index, *Jurnal Riset Kesehatan*, Vol. 6, Hal. 1–6, DOI: 10.31983/jrk.v6i2.2910.
- Sari, S.I., 2023, Analisis Nilai Tipikal Dosis pada Pemeriksaan Thorax di Rumah Sakit Universitas Andalas, *Skripsi Sarjana*, Departemen Fisika, Universitas Andalas, Indonesia.

- Scott, A.W., Zhou, Y., Allahverdian, J., Nute, J.L., Lee, C., 2016, Evaluation of Digital Radiography Practice Using Exposure Index Tracking, *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, Vol. 17, Hal. 343–345.
- Seeram, E., 2014, The New Exposure Indicator for Digital Radiography, *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, Vol. 45, Hal. 144–158, DOI: 10.1016/j.jmir.2014.02.004.
- Stollfuss, J., Schneider, K., Krüger-Stollfuss, I., 2015, A comparative study of collimation in bedside chest radiography for preterm infants in two teaching hospitals, *European Journal of Radiology Open*, Vol. 2, Hal. 118–122, DOI: 10.1016/j.ejro.2015.07.002.
- Wulandari, P.I., Agnesia, P.O., Mahardika, I.W.G.A., Meliani, N.P., Dinda, N.P.A.T., 2023, Evaluasi Nilai Deviation Index pada Pemeriksaan Radiografi: Proporsi Over Exposure dan Under Exposure Melebihi Citra Optimal, *Jurnal Ilmu kesehatan dan Kedokteran*, Vol. 10, Hal. 1517–1523.