

Standarisasi Indeks Eksposur Untuk Memenuhi Kriteria Anatomi Dan Aspek Teknis Pada Radiografi *Thorax* Pediatrik

Mukhammad Lutfan Nurrokhim¹, Dwi Rochmayanti², Ari Budiono³

¹RS. Traumatologi Surabaya, Indonesia

²Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

³RSUD Dr. Lukmonohadi Kudus, Indonesia

Corresponding author: Mukhammad Lutfan Nurrokhim

e-mail: mukhammadlutfann@gmail.com

Received: July 14th, 2020; Revised: January 31st, 2021; Accepted: February 1st, 2021

ABSTRACT

Background: Computed Radiography has an exposure index that used as an exposure indicator. But on radiographic examination, exposure index value sometimes ignored, and in the preliminary survey of pediatric chest examination resulting a large exposure index range. The aim of this study is to know the profile of exposure index value and the setting of the exposure factors, the assessment of anatomy criteria and technical aspect, and the right exposure factors such as kV and mAs on pediatric chest examination.

Methods: The type of this research is descriptive quantitative. The research was done by collecting data related to pediatric chest radiograph (≤ 2 years) the value of exposure index was recorded, then the radiograph was assessed using questionnaires that filled by one respondent who is a radiologist. The data was analyzed by displaying the data of exposure index and anatomy criteria from questionnaires into the table form, and then conducted a descriptive analysis to be drawn conclusions.

Results: The results showed the profile of exposure index value and the setting of the exposure factor has a fairly large exposure index range of 1084 – 2175, using 40 kV and 10 mAs and the collimation still often exceeds the object. Then for the assessment of the thorax anatomical criteria and the technical aspect overall was “Good Enough”, and the right exposure factors, that is: at 6 and 7 cm chest thickness was using 60 kV and 1,6 mAs; at 11 cm chest thickness was using 60 kV and 2 mAs, FFD 100 cm, and the setting of collimation as wide as object, the exposure index generated in the normal range that is 1251 – 1382.

Conclusion: The right exposure factors on pediatric chest examination, that is: at 6 and 7 cm chest thickness was using 60 kV and 1,6 mAs; at 11 cm chest thickness was using 60 kV and 2 mAs, FFD 100 cm, and the setting of collimation as wide as object.

Keywords: exposure index; pediatric chest radiography; thorax anatomical criteria

PENDAHULUAN

Pemeriksaan radiografi *thorax* merupakan prosedur radiografi yang paling sering dilakukan (Bontrager, 2005). Hal ini dimungkinkan karena dari pemeriksaan *thorax* dapat digunakan untuk melihat keadaan umum pasien, mendiagnosa penyakit di daerah paru, kebutuhan sebelum operasi dan lain-lain. Pemeriksaan radiografi *thorax* tidak hanya dilakukan pada orang dewasa, tetapi juga dilakukan pada pediatrik (anak-anak).

Dibandingkan orang dewasa seorang anak tubuhnya sedang dalam proses tumbuh kembang, sehingga menjadikannya lebih sensitif terhadap radiasi (Zhang, dkk cit. UNSCEAR 1988). Sehingga resiko anak pada umur 0-19 tahun untuk terkena kanker akibat paparan radiasi akan

meningkat menjadi 3 kali lebih besar dibandingkan setelah umur 20 tahun (Zhang, dkk cit. ICRP 1991).

Pada saat dilakukannya prosedur pemeriksaan radiografi *thorax* pada anak, harus mengikuti prinsip ALARA (*as low as reasonably achievable*) sehingga perlu diperhatikan hal-hal yang meliputi dihasilkannya gambaran *thorax* dengan kualitas maksimal, dan dosis radiasi sekecil mungkin yang diterima oleh anak.

Untuk dapat menghasilkan kualitas radiograf yang baik pada *film-screen* radiografi konvensional perlu pengaturan faktor eksposi yang tepat seperti kV dan mAs, sehingga tidak dihasilkan citra yang *underexposed* atau *overexposed*. Namun pada Computed Radiografi (CR) dan Digital Radiografi

(DR), pemrosesan gambar dapat dikompensasi sampai 100% untuk *underexposed* dan 500% untuk *overexposed*, serta masih memberikan gambaran klinis yang selalu dapat diterima (Butler, dkk cit. Peters 2002). Sehingga sulit ditentukan secara visual apakah gambaran pada CR tersebut *underexposed* atau *overexposed*.

Gambaran digital pada CR memiliki rentang eksposur yang lebar, sehingga dapat mengurangi pengulangan foto karena faktor eksposi yang tidak tepat. Ketepatan faktor eksposi ditentukan dengan cara mengecek indeks eksposur, yang dapat diperoleh setelah gambaran digital diproses.

Indeks eksposur pada CR digunakan sebagai indikator atau nilai dosis radiasi yang diterima detektor dan ditampilkan pada citra (Butler dkk, 2010). Nilai indeks eksposur dipengaruhi oleh mAs, kV, total area detektor teradiasi dan objek yang dieksposi (Bontrager, 2005). Oleh Zhang dkk pada jurnalnya tahun 2012 disebutkan rentang nilai indeks eksposur pada manufaktur Kodak Carestream untuk pemeriksaan *thorax* pediatrik (≤ 2 tahun) adalah 1200-1390. Pada sistem Carestream, setiap peningkatan nilai indeks eksposur sebesar 300 menandakan terjadinya *double exposure* pada *plate* (Butler, dkk, 2010).

Pemeriksaan radiografi thoraks menjadi pemeriksaan radiologi yang paling banyak dilakukan di radiologi, khususnya pada anak yang baru lahir yaitu berada pada ruang PICU/NICU. Pada pemeriksaan *thorax* anak, pengaturan faktor eksposi sudah diperhatikan sesuai dengan faktor eksposi rutin. Namun radiografer cenderung hanya lebih memperhatikan kualitas citra yang dihasilkan saja dan kurang memperhatikan nilai indeks eksposur yang muncul di CR, sehingga radiografer tidak mengetahui apakah indeks eksposur dalam rentang normal atau tidak. Meskipun pada survey pendahuluan yang dilakukan oleh penulis pada pemeriksaan *thorax* pediatrik sebelumnya menghasilkan rentang indeks eksposur yang cukup besar yaitu 1084-2175. Dari hal tersebut, penulis ingin mengetahui profil nilai indeks eksposur dan pengaturan pesawat sinar-X, penilaian kriteria anatomi dan aspek teknis, serta faktor eksposi (kV dan mAs) yang tepat pada *thorax* pediatrik.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif deskriptif. Populasi pada penelitian ini adalah semua pasien pemeriksaan *thorax* pediatrik (≤ 2 tahun) proyeksi Antero-Posterior (AP) di Instalasi RSUD. Dr. Lukmonohadi Kudus. Sampel pada penelitian ini adalah pasien pemeriksaan *thorax*

pediatrik (≤ 2 tahun) proyeksi AP. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dokumentasi data indeks eksposur dan pengisian kuesioner mengenai penilaian kriteria anatomi. kemudian dilakukan analisis deskriptif untuk dapat ditarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil nilai indeks eksposur dan pengaturan pesawat sinar-X yang meliputi faktor eksposi (kV dan mAs) dan kolimasi pada pemeriksaan radiografi *thorax*

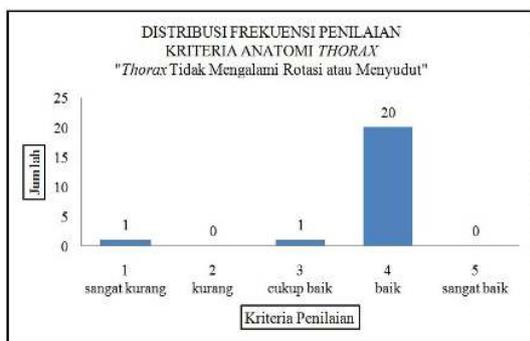
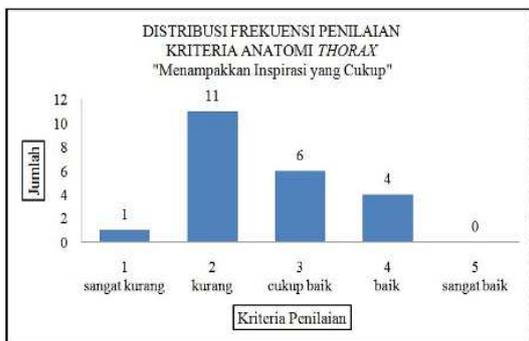
Pada survey pendahuluan dapat diketahui bahwa rentang nilai indeks eksposur yang dihasilkan pada pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik adalah 1084 – 2175. Oleh Zhang dkk pada jurnalnya tahun 2012 disebutkan rentang nilai indeks eksposur pada manufaktur Kodak Carestream untuk pemeriksaan *thorax* pediatrik (≤ 2 tahun) adalah 1200-1390, sehingga dapat dikatakan bahwa rentang nilai indeks eksposur yang dihasilkan memiliki rentang yang cukup besar. Kemudian untuk pengaturan faktor eksposi yang dilakukan pada pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik rutin di lapangan menggunakan 40 kV dan 10 mAs, yang dirasa pengaturan tersebut terlalu tinggi untuk pemeriksaan pasien pediatrik, sehingga dari pengamatan sebelumnya nilai indeks eksposur yang dihasilkan masih dalam rentang yang terlalu tinggi. Menurut *European Guidelines On Quality Criteria For Diagnostic Radiographic Images In Paediatrics* (European Commission, 1996) disebutkan pengaturan faktor eksposi untuk pasien pediatrik yaitu 60-65 kV dan 1,6-2 mAs. Dan pada pengaturan luasan kolimasi untuk pemeriksaan radiografi *thorax* sering ditemukan bahwa diatur melebihi luasan objek yang diperiksa, yang mana hal ini juga mempengaruhi nilai indeks eksposur menjadi lebih besar. Ini juga sesuai dengan teori Rochmayanti, dkk (2017) yang menyebutkan bahwa faktor kolimasi memberikan pengaruh sebesar 49% terhadap indeks eksposur. Sehingga dari pemaparan di atas dapat diketahui bahwa penentuan faktor eksposi (kV dan mAs) yang sesuai serta pengaturan luasan kolimasi seluas objek dapat memberikan nilai indeks eksposur yang optimal dan diharapkan dapat mengurangi risiko akibat radiasi bagi pasien pediatrik.

Penilaian kriteria anatomi dan aspek teknis pada pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan sampel sebanyak 22 pasien pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik (umur ≤ 2

tahun) proyeksi AP. Kemudian dilakukan penilaian kriteria anatomi thorax dan aspek teknis menggunakan kuesioner. Hasil penilaian kriteria anatomi oleh responden secara keseluruhan kategori nilai total kriteria anatomi thorax pada 22 sampel tersebut adalah “Cukup Baik” dengan rentang nilai total berada antara 21 – 27, yang mana dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa seluruh citra yang dihasilkan dapat memberikan informasi dan kriteria anatomi yang cukup baik sehingga sudah dapat menegakkan diagnosa dokter radiolog.

Distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax dari kuesioner yang telah diisi oleh responden akan ditampilkan satu per satu untuk setiap kriterianya dalam bentuk diagram batang.



Gambar 2. Diagram distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax “thorax tidak mengalami rotasi atau menyudut”



Gambar 3. Diagram distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax “menampilkan bagian thorax dari trakea di cervical sampai T12/L1”

Gambar 1. Diagram distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax “menampilkan inspirasi yang cukup”



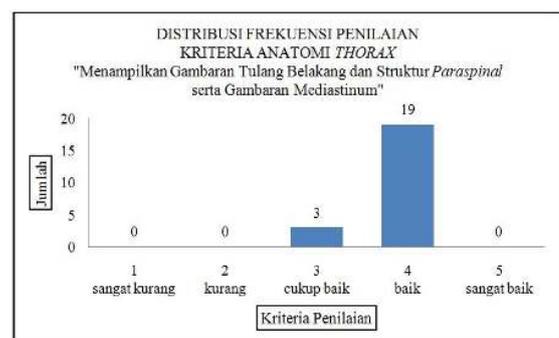
Gambar 4. Diagram distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax “menampilkan pola vaskuler pada paru-paru”



Gambar 5. Diagram distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax “menampilkan dengan tajam gambaran trakea dan bronkus proksimal”



Gambar 6. Diagram distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax “menampilkan dengan tajam gambaran diafragma dan sinus costophrenicus”



Gambar 7. Diagram distribusi frekuensi hasil penilaian terhadap kriteria anatomi thorax “menampilkan gambaran tulang belakang dengan struktur paraspinal serta gambaran

Dari hasil distribusi frekuensi pada penilaian kriteria anatomi *thorax* yang ditampilkan oleh diagram di atas dapat diketahui bahwa hanya pada kriteria anatomi “menampikkan inspirasi yang cukup” saja yang memiliki frekuensi paling dominan pada angka penilaian 2 (kurang) (dapat dilihat di gambar 1), ini dikarenakan secara teknis pada praktiknya pasien pediatrik tidak dapat dilakukan ekposisi pada saat inspirasi penuh, karena pasien tidak cukup kooperatif sehingga dilakukan ekposisi pada saat inspirasi biasa.

Kemudian untuk kriteria anatomi *thorax* lainnya seperti, “*thorax* tidak mengalami rotasi atau menyudut” (dapat dilihat digambar 2), “menampilkan bagian *thorax* dari trakea di *cervical* sampai T12/L1” (dapat dilihat di gambar 3), “menampilkan pola vaskuler pada paru-paru” (dapat dilihat di gambar 4), “menampilkan dengan tajam gambaran trakea dan bronkus proksimal” (dapat dilihat di gambar 5), “menampilkan dengan tajam gambaran diafragma dan sinus *costophrenicus*” (dapat dilihat di gambar 6), dan “menampilkan gambaran tulang belakang dengan struktur *paraspinal* serta gambaran mediastinum” (dapat dilihat di gambar 7) memiliki frekuensi paling dominan pada angka penilaian 4 (baik), maka dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa secara kualitas citra dapat menampilkan anatomi dengan baik.

Sedangkan pada hasil penilaian aspek teknis oleh responden terdapat beberapa sampel yang tidak memenuhi salah satu aspek dari ketiga aspek teknis. Terdapat 2 pasien dari 22 sampel (9,1%) tidak memenuhi aspek kesimetrisan, karena pada pasien pediatrik lebih cenderung tidak kooperatif sehingga objek lebih rentan untuk bergerak, dan pada praktiknya di lapangan tidak menggunakan alat bantu fiksasi untuk pasien. Hal ini dapat berdampak pada citra yang dihasilkan, yaitu dapat menghasilkan *blurring* atau gambar tidak fokus pada citra yang disebabkan adanya pergerakan saat diekspose dan objek pada citra tidak terlihat simetris karena objek berotasi atau bergeser saat ekposisi. Maka dari itu pada setiap pemeriksaan *thorax* pediatrik khususnya pada pasien yang kurang kooperatif diperlukan fiksasi yang baik, seperti menurut Whitley, dkk (2005) pada bayi yang terdapat dalam

inkubator dapat dilakukan fiksasi oleh keluarga atau pendamping pasien dengan memasukkan kedua tangan melewati dua lubang yang terdapat pada sisi inkubator kemudian memegang kedua tangan pasien di samping kepala dan kedua kakinya juga dipegangi pada bagian lutut. Kemudian terdapat 5 pasien dari 22 sampel (22,7%) yang tidak memenuhi aspek pengaturan luas lapangan kolimasi yang dalam hal ini kolimasi melebihi objek, dan memberikan nilai indeks eksposur di atas rentang normal.

Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan kolimasi yang melebihi objek masih menjadi permasalahan yang terjadi. Menurut Butler pada jurnalnya tahun 2010 disebutkan bahwa pada sistem Carestream, setiap peningkatan nilai indeks eksposur sebesar 300 menandakan terjadinya *double exposure* pada *plate*, sehingga dari pernyataan tersebut kemungkinan nilai dosis radiasi yang diterima oleh pasien pediatrik akan lebih besar pada sampel yang mendapat nilai indeks eksposur di atas rentang normal. Ini dapat menimbulkan dampak negatif bagi pasien pediatrik. Zhang, dkk (2012) menyebutkan bahwa dibandingkan dengan orang dewasa seorang anak lebih sensitif terhadap radiasi karena sedang dalam proses tumbuh kembang, sehingga risiko anak pada umur 0 – 19 tahun untuk terkena kanker akibat paparan radiasi akan meningkat menjadi 3 kali lebih besar dibandingkan setelah umur 20 tahun.

Maka dari itu dalam pengaturan luasan kolimasi harus menjadi perhatian khusus bagi para radiografer untuk kedepannya agar diatur seluas objek dengan harapan dapat mengurangi risiko akibat radiasi bagi pasien pediatrik.

Faktor ekposisi (kV dan mAs) yang tepat pada pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik sehingga memberikan nilai indeks eksposur yang sesuai dan kriteria anatomi serta aspek teknis yang baik

Pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik pada penelitian ini menggunakan faktor ekposisi yang diatur dengan menyesuaikan ketebalan *thorax* pasien yang akan diperiksa, dan FFD diatur tetap yaitu 100 cm.

Tabel 1. Faktor Eksposi dan Hasil Nilai Indeks Eksposur

No Pasien	Umur	Tebal Thorax (cm)	kVp	mAs	FFD (cm)	IE	Keterangan IE	Kolimasi
1	1 tahun	11	60	2	100	1887	Di atas normal	Seluas objek
2	1 tahun	11	60	2	100	1340	Normal	Seluas objek
3	1 hari	7	60	1,6	100	1551	Di atas normal	Seluas objek
4	1 hari	7	60	1,6	100	1390	Normal	Seluas objek
5	7 bulan	9	60	2	100	1738	Di atas normal	Seluas objek
6	1 hari	6	60	2	100	1989	Di atas normal	Melebihi objek
7	1 thn 5 bln	13	60	2	100	1621	Di atas normal	Melebihi objek
8	1 hari	6	60	1,6	100	1102	Di bawah normal	Seluas objek
9	1 tahun	14	60	2	100	1786	Di atas normal	Seluas objek
10	1 hari	5	58	1,6	100	1087	Di bawah normal	Seluas objek
11	1 hari	6	60	1,6	100	1251	Normal	Seluas objek
12	7 bulan	8	60	2	100	1648	Di atas normal	Melebihi objek
13	1 hari	6	60	1,6	100	1306	Normal	Seluas objek
14	1 hari	6	60	2	100	1879	Di atas normal	Melebihi objek
15	1 hari	6	60	1,6	100	1270	Normal	Seluas objek
16	1 hari	5	60	1,6	100	1327	Normal	Seluas objek
17	2 bulan	8	60	1,6	100	1670	Di atas normal	Seluas objek
18	28 hari	7	60	1,6	100	1382	Normal	Seluas objek
19	1 tahun	13	60	2	100	1718	Di atas normal	Melebihi objek
20	19 hari	6	60	1,6	100	1334	Normal	Seluas objek
21	4 hari	7	60	1,6	100	1295	Normal	Seluas objek
22	1 hari	5	57	1,57	100	1742	Di atas normal	Seluas objek

Berdasarkan tabel 1, dari seluruh pasien yang dijadikan sampel dengan jumlah 22 pasien, nilai indeks eksposur yang dihasilkan memiliki rentang 1087 – 1989, menurut Zhang dkk pada jurnalnya tahun 2012 disebutkan rentang nilai indeks eksposur yang normal pada manufaktur Kodak Carestream untuk pemeriksaan *thorax* pediatrik (\leq 2 tahun) adalah 1200 – 1390, sehingga terdapat 9 pasien yang menghasilkan nilai indeks eksposur dalam rentang normal.

Namun hanya 7 pasien yang memenuhi kriteria teknis, yaitu pasien nomor 2, 11, 13, 15, 18, 19, 20, dan 21 (tabel 2). Hal ini dikarenakan pada pasien nomor 4 dan 16 pada penilaian aspek teknis oleh responden terdapat satu aspek yang tidak terpenuhi yaitu objek tidak terlihat simetris.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat 7 pasien yang memenuhi kriteria teknis. Terdapat 3 ukuran ketebalan *thorax* pasien yaitu 6, 7, dan 11 cm. Pada pasien dengan ketebalan *thorax* 6 dan 7 cm menggunakan faktor eksposi 60 kV dan 1,6 mAs yang menghasilkan nilai indeks eksposur antara 1251 - 1382, sedangkan pada pasien dengan ketebalan 11 cm menggunakan faktor eksposi 60 kV dan 2 mAs yang menghasilkan nilai indeks eksposur 1340, dengan FFD pada kedua pengaturan faktor eksposi berjarak sama yaitu 100 cm. Dari dua macam pengaturan faktor eksposi ini menghasilkan nilai indeks eksposur dalam rentang yang normal dan berdasarkan penilaian kriteria anatomi *thorax* oleh responden, ketujuh data pasien yang memenuhi kriteria teknis memiliki kategori

nilai total “Cukup Baik” dengan nilai antara 21 – 27.

Karena keterbatasan waktu dari penelitian ini, hanya didapatkan dua kombinasi faktor eksposi yang disesuaikan dengan ketebalan *thorax* pasien sehingga mendapatkan nilai indeks eksposur dalam rentang yang normal. Untuk selanjutnya radiografer dapat mengacu dari hasil penelitian ini, sehingga didapatkan kombinasi faktor eksposi lain yang disesuaikan dengan ketebalan *thorax* pasien dari pengamatan yang dilakukan disetiap pemeriksaan di masa yang akan datang dan diharapkan dapat memberikan indeks eksposur yang optimal.

Selain mAs, kV, dan ketebalan objek, menurut Bontrager (2005) nilai indeks eksposur juga dipengaruhi oleh total area detektor teradiasi atau luas lapangan kolimasi. Pada beberapa pemeriksaan *thorax* di penelitian ini ditemukan beberapa pasien yang pada pengaturan kolimasinya melebihi objek, sehingga menghasilkan nilai indeks eksposur di atas rentang normal. Namun pada 7 pasien yang memenuhi kriteria teknis di penelitian ini, pengaturan luasan kolimasinya diatur seluas objek sehingga menghasilkan nilai indeks eksposur dalam rentang normal.

Tabel 2. Data Pasien yang Memenuhi Kriteria Teknis

No Pasien	Tebal		IE	Kolimasi	Kesimetrisan	Positioning	
	1 kV	mAs					
2	11	60	2	1340	Seluas objek	Simetris	Tepat
11	6	60	1,6	1251	Seluas objek	Simetris	Tepat
13	6	60	1,6	1306	Seluas objek	Simetris	Tepat
15	6	60	1,6	1270	Seluas objek	Simetris	Tepat
18	7	60	1,6	1382	Seluas objek	Simetris	Tepat
20	6	60	1,6	1334	Seluas objek	Simetris	Tepat
21	7	60	1,6	1295	Seluas objek	Simetris	Tepat

KESIMPULAN

Profil nilai indeks eksposur dan pengaturan pesawat sinar-X pada pemeriksaan *thorax* pediatrik rutin di lapangan ditemukan beberapa kekurangan, seperti pengaturan faktor eksposi (kV dan mAs) rutin 40 kV dan 10 mAs dan pengaturan luas lapangan kolimasi yang sering melebihi objek memberikan nilai indeks eksposur yang masih dalam rentang terlalu tinggi yakni 1084 – 2175.

Penilaian kriteria anatomi dan aspek teknis pada pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik secara keseluruhan kategori nilai total kriteria anatomi *thorax* pada 22 sampel tersebut adalah “Cukup Baik” dengan rentang nilai total berada antara 21 – 27.

Faktor eksposi (kV dan mAs) yang tepat pada pemeriksaan radiografi *thorax* pediatrik, yaitu: pada ketebalan *thorax* 6 dan 7 cm menggunakan faktor eksposi 60 kV dan 1,6 mAs, FFD 100 cm, dan kolimasi diatur seluas objek; pada ketebalan *thorax* 11 cm menggunakan faktor eksposi 60 kV dan 2 mAs, FFD 100 cm, dan kolimasi diatur seluas objek. Dari pengaturan tersebut dihasilkan citra dalam kategori nilai “Cukup Baik”, dan indeks eksposur yang dihasilkan yaitu 1251 – 1382 masuk dalam rentang yang dipersyaratkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bontrager, K. L., dan John P. Lampignano. 2005. *Radiographic Positioning and Related Anatomy, 6th Edition*. United State of America: Elsevier Mosby.
- Butler, M. L. dkk. Are Exposure Index Values Consistent in Clinical Practice? A Multi-Manufacturer Investigation. *Radiation Protection Dosimetry* 2010; Vol. 139: No. 1-3, Hal. 371-374.
- Carlton, R. R. dan Arlene McKenna Adler. 2012. *Principles of Radiographic Imaging: An Art and A Science*. Cengage Learning.
- Cohen, M. D., dkk. Quality Assurance: Using the Exposure Index and The Deviation Index to Monitor Radiation Exposure for Portable Chest Radiographs in Neonates. *Pediatr Radiol* 2010.
- European Commission. 1996. *European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Kirks, Donald R. dan Nathan Thorne Griscom. 1998. *Practical Pediatric Imaging: Diagnostic Radiology of Infants and Children*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Lavin, Lisa M., 2006. *Radiography in Veterinary Technology Fourth Edition*. Missouri: Elsevier Health Sciences.
- Oliveira, A., C., dkk. Visual Grading Analysis of image quality in Pediatric abdominal images acquired by Direct Digital Radiography and Computer Radiography Systems. *European Society of Radiology* 2013; C-2098.
- Rochmayanti, Dwi, dkk. Faktor Determinan Kolimasi, Ukuran *Imaging Plate*, dan *Delay Time Processing* terhadap *Exposure Index*. *Jurnal Riset Kesehatan* 2017; 6(2):1-6.
- Seibert, J. Anthony dan Richard L. Mortin. The Standardized Exposure Index for Digital Radiography: an Opportunity for Optimizing of Radiation Dose to the Pediatric Population. *Pediatr Radiol* 2011; 41:573-581.
- Whitley, A. Stewart, Charles Sloane, Graham Hoadley, Adrian D. Moore, dan Chrissie W. Alsop. 2005. *Clark's Positioning in Radiography*. London: Hodder Arnold.
- Zhang, Menglong, dkk. A Method to Derive Appropriate Exposure Parameters from Target Exposure Index and Patient Thickness in Pediatric Digital Radiography. *Pediatr Radiol* 2013; 43:568-574.
- Z&Z Medical Inc., 2017, Carestream CR Cassettes and Plates, zzmedical.com, diunduh 18 Januari 2018 pada pukul 16.42 WIB.