

Penerapan Modifikasi Faktor Eksposi Aturan 10 kV Terhadap Kualitas Citra Radiografi Thorax Modalitas CR vs DR

Fani Susanto¹ Hernastiti Sedya Utami¹ Aulia Ridho Alchamdani² An Nisa' Rahmasyifa³ Fatimah⁴

¹Department of Radiologic Imaging Technology, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

²Radiology Installation, Rumah Sakit JIH Purwokerto, Indonesia

³Radiology Installation, RSUD Dadi Keluarga Purwokerto, Indonesia

⁴Department of Radiodiagnostic and Radiotherapy Technique, Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

Corresponding author: Fani Susanto

Email: fanisusanto@ump.ac.id

ABSTRACT

Background: The use of Computed Radiography (CR) and Digital Radiography (DR) makes Radiographers pay less attention to the selection of exposure factors, resulting in overexposed and underexposed. One technique for optimizing and maintaining image quality in CR and DR is modification of the exposure factor of the 10kV rule. This study aims to compare image quality (histogram, noise, signal to noise ratio (SNR), and exposure index (EI)) in CR and DR by applying the modified exposure factor rule of 10 kV to chest radiographs.

Methods: Quantitative research with an experimental approach using the Perlove PLX 101 C mobile X-ray aircraft, thorax phantom, CR Prima T2 and AeroDR 3 1417HL DR detector. Data was generated by exposing the phantom using an anteroposterior (AP) chest radiography examination technique. Exposure was carried out 3 times for CR and DR with 60kVp 10mAs, 50 kVp 20 mAs and 70kVp 5mAs. Noise measurement through region of interest (ROI) in the background area. The SNR value with ROI is a comparison between the mean value of the pulmonary and costal anatomy with background noise. CR and DR image histograms were obtained using the Image-J application. Exposure index and sensitivity values by looking at the CR monitor. Then the data is processed and analyzed statistically.

Results: Modification of the 10 kV regulatory exposure factor produces the highest noise image at 70kVp 5mAs, namely 7.82 in CR and 10.6 and there are differences between other exposure factors with a p-value <0.001. The pulmonary and costal SNR values in DR were higher than the SNR in CR for all exposure factors and there was a difference with a p-value <0.001. The histograms on CR and DR are flat and homogeneous. The highest CR exposure index value was at 60kVp 10mAs, namely 2760 and the lowest was at 70kVp 5mAs, namely 1997 with sensitivity classified as overexposure for all exposure factors because it was below 75/mR.

Conclusions: Application of the modified exposure factor rule of 10kV to AP chest radiographs causes differences in the quality of DR and CR images. The lowest noise and highest SNR are found in DR images with an exposure factor of 50kVp 20mAs, but the lowest exposure index is at 70kVp 5mAs.

Keyword : Computed radiography images, digital radiography image, thorax, 10 kV rule, image quality

Pendahuluan

Foto radiografi thorax menjadi salah satu pemeriksaan radiologi yang paling banyak dilakukan di rumah sakit atau pelayanan Kesehatan. Organ-organ penyusun rongga thorax sangat kompleks (Mukhtar dan Sutanto, 2015). Thoraks merupakan bagian dari sistem kerangka yang menyediakan pelindung bagi bagian-bagian dada yang terlibat dengan pernafasan dan sirkulasi darah, didefinisikan sebagai area yang dibatasi di superior oleh thoracic inlet dan inferior oleh thoracic outlet; dengan batas luar adalah dinding thoraks yang

disusun oleh vertebra torakal, costae, sternum, muskulus, dan jaringan ikat. Rongga thoraks dibatasi dengan rongga abdomen oleh diafragma. Rongga thoraks dapat dibagi ke dalam dua bagian utama, yaitu : paru-paru (kiri dan kanan) dan mediastinum (Long, 2016).

Pemeriksaan foto thorax menjadi modalitas pencitraan yang paling umum digunakan untuk mendeteksi kelainan penyakit di daerah paru-paru, jantung maupun tulang-tulang costae (Cha et al., 2018). Salah satu keuntungan dari radiografi thorax adalah peralatan tersedia pada setiap fasilitas

kesehatan, dosis radiasi rendah dan kecepatan akuisisi citra (Tsou et al., 2020).

Radiografer bertanggung jawab dalam menghasilkan kualitas citra yang mampu memberikan informasi diagnosa secara akurat dengan mempertimbangkan pemberian dosis radiasi serendah mungkin sesuai prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) (Pedersen et al., 2018). Pada kenyataannya, radiografer dalam beberapa kasus sulit menentukan faktor ekposi yang optimal. Hal ini, terkait dengan ukuran ketebalan organ, penggunaan peralatan pencitraan dan pengalaman sebagai praktisi dibidang radiografi (Irsal, 2020). Dibutuhkan peran serta antara radiografer dan fisikawan medik dalam melakukan upaya optimasi untuk mengendalikan pemilihan faktor ekposi sesuai dengan klinis pemeriksaan radiografi yang dibutuhkan (Sandborg et al., 2006) dan (Roch et al., 2018).

Faktor ekposi merupakan faktor yang menentukan kuantitas dan kualitas sinar-X yang diterima oleh pasien. Faktor ekposi yang dapat dikontrol meliputi tegangan tabung (kVp), arus tabung (mAs), waktu penyinaran (second), dan jarak tabung sinar-X ke film (FFD). Selain itu juga terdapat faktor ekposi yang merupakan kesatuan dari pesawat meliputi generator sinar-X, filter, dan ukuran focal spot (Bushong, 2001). Pengaturan faktor ekposi ini dapat menentukan besar kecilnya dosis radiasi yang akan diterima oleh pasien. Salah satu cara untuk menurunkan dosis yang diterima oleh pasien yaitu dengan cara menaikkan tegangan tabung (kVp) dan diikuti dengan penurunan nilai kuat arus dan waktu penyinaran (mAs).

Ada beberapa literatur yang juga membahas tentang modifikasi faktor ekposi yaitu aturan 10 kv dan aturan 15 %. Aturan 10 kV adalah aturan yang menyatakan perubahan 10 kV dari kV semula disertai dengan penurunan atau penambahan mAs sebesar setengahnya dari mAs semula. Aturan ini bisa digunakan pada rentang tegangan tabung 50-80 kV (Rasad, 2005). Sedangkan aturan 15% merupakan aturan yang menyatakan bahwa kenaikan kV sebesar 15% tegangan tabung dan disertai dengan penurunan setengah mAs maka akan menghasilkan densitas yang konstan. Aturan ini lebih tepat digunakan pada rentang tegangan tabung 60-100 kV (Carlton dkk, 2001). Oleh karena itu pemberian faktor ekposi mempengaruhi kualitas citra radiografi.

Kualitas radiograf merupakan kemampuan radiograf dalam memberikan informasi yang jelas mengenai objek atau organ yang diperiksa. Kualitas radiografi ditentukan oleh beberapa faktor, salah

satunya yaitu kontras. Kontras (contrast) merupakan perbedaan derajat kehitaman antara bagian yang membentuk radiograf. Parameter analisis kontras pada citra digital dapat ditunjukkan dengan histogram dan signal to noise ratio (SNR) citra. Grafik histogram menunjukkan frekuensi kemunculan setiap nilai gradasi warna. Citra yang baik memiliki histogram yang mengisi daerah derajat keabuan secara penuh dengan distribusi yang merata pada setiap derajat keabuan pixel. Sedangkan SNR sebagai rasio antara daya sinyal yang diinginkan dengan daya derau (noise). Noise sebagai intensitas radiasi yang diterima oleh image receptor. Efek citra noise dapat mengurangi batas tegas antara organ yang satu dengan organ yang lainnya (Zelvani, 2017).

Pemanfaatan Computed Radiography (CR) dan Digital Radiography (DR) pada pemeriksaan radiologi membuat Radiografer menjadi kurang memperhatikan dalam pemilihan faktor ekposi. Sehingga sering terjadi ekposi berlebihan (overexposure) yang membuat pasien menerima dosis radiasi berlebih dan ekposi kurang (underexposure) yang akan menimbulkan noise walaupun sudah dilakukan post-processing. Exposure index pada teknologi CR atau DR adalah fasilitas untuk mengetahui terjadinya ekposi berlebihan (overexposure) maupun ekposi kurang (underexposure). Exposure index adalah sistem dari CR/DR untuk memberikan informasi tentang nilai exposure untuk menghasilkan citra yang optimal (Paul, 2012).

EI dalam digital radiografi digunakan sebagai indikator relatif terhadap speed dan sensitivitas sebuah reseptor digital yang dikenai sinar-X dan idealnya sebagai feedback bagi radiografer dalam mengupayakan sebuah hasil citra yang optimal dengan dosis yang rendah bagi pasien (Rochmayanti et al., 2017). Pada sistem pencitraan CR indikator yang menunjukkan respon imaging plate terhadap paparan radiasi disebut Exposure Index (EI), EI sebanding dengan paparan radiasi yang diberikan oleh pemilihan faktor ekposi. Oleh karena itu, EI dapat digunakan sebagai panduan dalam melakukan upaya optimasi yang berhubungan dengan kualitas citra dan dosis radiasi (Dalih, 2020), (Seeram et al., 2013), (Jamil et al., 2018). Selain itu, EI dapat menilai penerimaan overexposure, optimal, underexposure (Hinojos-Armendáriz et al., 2018).

Pemeriksaan rontgen dada paru paling banyak dilakukan di unit radiologi (>50%) sehingga pemeriksaan tersebut perlu dijaga dan dikendalikan agar dapat memenuhi kualitas gambar yang

memadai dengan dosis radiasi yang aman bagi pasien (Rochmayanti dkk, 2019). Penerapan modifikasi faktor eksposi pada pemeriksaan thorax penting untuk dilakukan analisis lebih lanjut mengenai kualitas citra yang dihasilkan pada modifikasi faktor eksposi aturan 10 kV. Penelitian ini bertujuan dapat memberikan perbandingan kualitas citra (histogram, noise, SNR) dan informasi exposure index pada pemeriksaan thorax proyeksi AP antara modalitas CR dan DR pada penerapan modifikasi faktor eksposi aturan 10 kV untuk memperoleh estimasi dosis radiasi serendah mungkin dengan menjaga kualitas citra radiografi.

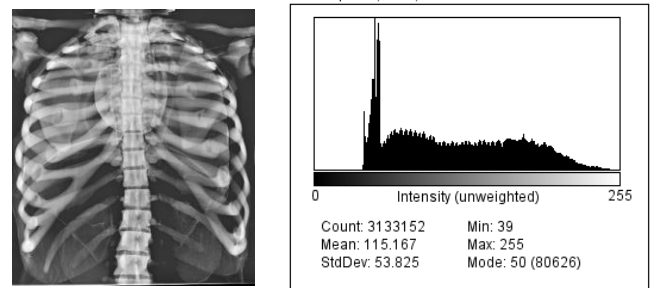
Metode

Penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental dilakukan di laboratorium radiografi program studi Teknologi Radiologi Pencitraan Universitas Muhammadiyah Purwokerto dengan menggunakan Pesawat Sinar-X mobile Perlove PLX 101 C, *full body phantom, computed radiography* Prima T2 dan *digital radiography* (DR) AeroDR 3 1417HL. Data citra dihasilkan dengan mengekspose phantom menggunakan teknik pemeriksaan radiografi thorax AP, titik bidik setinggi vertebrae thoracal 7 atau 3 inchi dibawah jugular notch, kolimasi mengcover area thorax, menggunakan detektor DR AeroDR 3 1417HL dengan tambahan virtual grid menggunakan faktor eksposi standar yaitu 60 kVp 10 mAs. Kemudian citra pada display DR disimpan dalam bentuk softcopy tanpa dilakukan manipulasi. Kemudian ulangi langkah tersebut untuk modifikasi faktor eksposi menggunakan aturan 10 kV dengan faktor eksposi 2 yaitu 50 kVp 20 mAs dan faktor eksposi 3 yaitu 70 kVp 5 mAs. Selanjutnya ulangi langkah diatas dengan menggunakan modalitas imaging plate CR dan grid. Selanjutnya citra yang telah didapatkan dilakukan pengukuran citra secara objektif setiap citra melalui nilai noise, SNR, histogram CR dan DR serta nilai exposure index pada CR. Nilai noise dan SNR dilakukan menggunakan aplikasi dicom viewer. Nilai noise didapatkan melalui *region of interest* (ROI) pada area background. Nilai *signal to noise ratio* (SNR) dengan ROI perbandingan antara nilai mean pada anatomi pulmonum dan costae dengan *noise background*. Histogram citra CR dan DR didapatkan melalui aplikasi Image-J. Kemudian data hasil noise, SNR, histogram dan exposure index dilakukan pengolahan dan analisis data menggunakan pengolah data secara statistik.

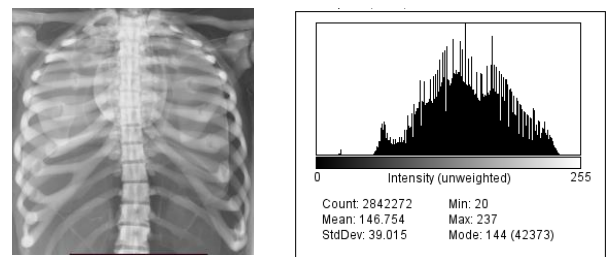
Hasil dan Pembahasan

Phantom thorax dilakukan ekspose dengan menggunakan faktor eksposi standar yaitu 60kVp 10 mAs dan kemudian dilakukan modifikasi faktor eksposi menggunakan aturan 10 kV sehingga didapatkan faktor eksposi 50kVp 20 mAs dan 70 kVp 5mAs.

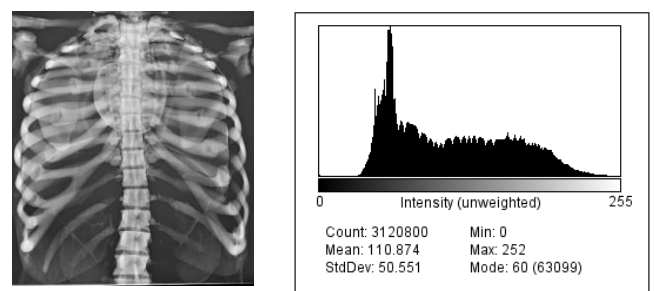
Hasil Citra Radiografi Thorax AP dan Histogram



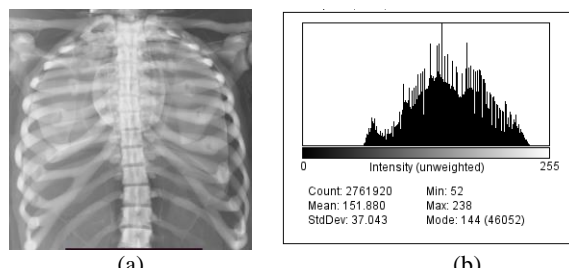
Gambar 1. (a) Radiograf thorax AP pada DR faktor eksposi 50 kVp 20 mAs dan (b) histogram.



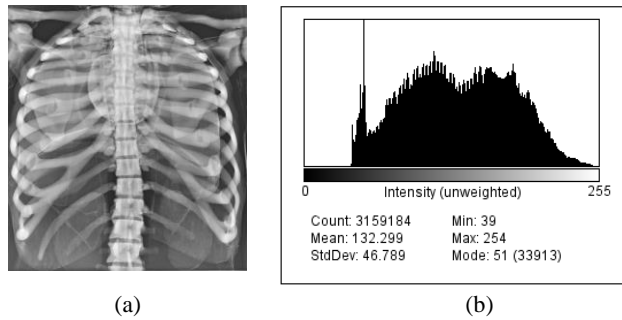
Gambar 2. (a) Radiograf thorax AP pada CR faktor eksposi 50 kVp 20 mAs dan (b) histogram.



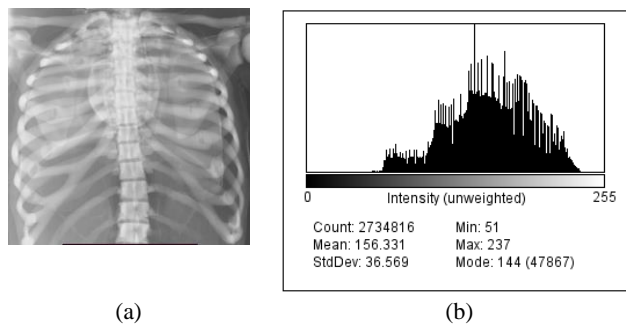
Gambar 3. (a) Radiograf thorax AP pada DR dengan faktor eksposi 60 kVp 10 mAs dan (b) histogram)



Gambar 4. (a) Radiograf thorax AP pada CR faktor eksposi 60 kVp 10 mAs dan (b) histogram.



Gambar 5. (a) Radiograf thorax AP pada DR faktor eksposi 70 kVp 5 mAs dan (b) histogram.



Gambar 6. (a) Radiograf thorax AP pada DR faktor eksposi 70 kVp 5 mAs dan (b) histogram.

Analisis menggunakan histogram ini sejatinya akan sangat membantu dalam penegakan diagnosis, sebab penilaian didasarkan pada perbedaan histogram pada pemeriksaan. Histogram merupakan gambaran radiodensitas dalam ketidakmampuan relatif elektromagnetiknya, khususnya sinar-X, saat melewati bahan tertentu. Pada histogram dapat diketahui informasi frekuensi pemakaian tingkat keabuan dalam suatu citra.

Gambar 1-6 diatas menunjukkan citra radiograf thorax AP dan histogram dari phantom yang dilakukan dengan menggunakan modalitas CR dan DR. Citra dan histogram tersebut menunjukkan kualitas citra radiografi yang dihasilkan, dan dapat menunjukkan densitas, kontras dan detail citra. Pada histogram arah sumbu X merupakan nilai skala keabuan sbanyak 256 (0 sampai 255) dan arah sumbu y merupakan intensitas skala keabuan yang ada. Rentang kerataan histogram panjang serta intensitas yang rata menunjukkan kontras radiografi yang optimal (Rusyadi).

Histogram citra radiografi dengan modalitas CR dengan aturan kenaikan atau penurunan 10 kVp pada Gambar 2, 4 dan 6 juga dapat ditunjukkan nilai skala keabuan pada radiograf mengalami kerataan yang sama baik pada faktor eksposi 50 kVp 20 mAs, 60 kVp 10 mAs maupun 70 kVp 5 mAs. Tampilan histogram yang ditunjukkan tidak mengalami kecondongan nilai skala keabuan dominan ke kanan maupun ke kiri. Akan tetapi intensitas nilai pada

citra dengan faktor eksposi 70 kVp 5 mAs mengalami kelonjakan nilai skala keabuan dibandingkan dengan faktor eksposi yang lain.

Histogram citra radiografi dengan modalitas DR dengan aturan kenaikan atau penurunan 10 kVp pada Gambar 1, 3 dan 5 juga dapat ditunjukkan nilai skala keabuan pada radiograf mengalami kerataan yang sama baik pada faktor eksposi 50 kVp 20 mAs, 60 kVp 10 mAs maupun 70 kVp 5 mAs. Tampilan histogram yang ditunjukkan tidak mengalami kecondongan nilai skala keabuan dominan ke kanan maupun ke kiri. Pemilihan tegangan tabung (kVp) tinggi dan tetap menjaga kualitas radiograf yang konsisten merupakan salah satu cara yang tepat untuk mengurangi dosis.

Berdasarkan tampilan histogram yang ada tersebut dapat disimpulkan bahwa perubahan faktor eksposi dengan aturan kenaikan dan penurunan 10 kV tidak menyebabkan perubahan kontras radiografi yang signifikan atau dengan kata lain kontras radiografi pada aturan 10 kV homogen.

Hasil Pengukuran Noise dan SNR
Tabel 1. Noise dan SNR thorax CR vs DR

No	Faktor Eksposi	Anatomi	Citra CR		Citra DR	
			Standar Deviasi Noise	SNR	Standar Deviasi Noise	SNR
1	50 kVp 20 mAs	Pulmonum	6,41	91,8	4,06	210,94
2	50 kVp 20 mAs	Costae	6,41	60,42	4,06	755,74
3	60 kVp 10 mAs	Pulmonum	6,85	83,02	6,69	139,91
4	60 kVp 10 mAs	Costae	6,85	46	6,69	437,41
5	70 kVp 5 mAs	Pulmonum	7,82	71,58	10,6	125,13
6	70 kVp 5 mAs	Costae	7,82	41,05	10,6	318,14

Pada tabel 1 menunjukkan hasil data perhitungan noise variasi faktor eksposi dengan menggunakan aturan 10kV menggunakan software dicom viewer untuk menilai banyaknya noise yang digambarkan oleh standar deviasi dalam gambaran matriks. Nilai noise tertinggi ada pada sampel citra dengan faktor eksposi 70 kVp 5 mAs dan terendah pada citra dengan faktor eksposi 50kVp 20mAs. Nilai noise yang ditunjukkan bahwa banyaknya noise yang ada di sekitar obyek ditentukan oleh besarnya standar deviasi. Semakin besar nilai standar deviasi, maka semakin banyak noise yang ada. Nilai noise yang tinggi disebabkan nilai mAs yang besar dan semakin besar nilai kV maka nilai noise semakin tinggi (Wibowo, Murti, & Prabowo, 2015).

Berdasarkan uji statistik repeated annova penggunaan modifikasi faktor eksposi kVp menggunakan aturan 10 kV terhadap noise dan SNR

menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dengan p-value <0,001. Perbedaan nilai noise dan SNR dari ketiga modifikasi faktor eksposi baik 50kVp 20 mAs, 60 kVp 10 mAs dan 70 mAs menyebabkan perbedaan kualitas citra yang dihasilkan. Penggunaan modifikasi faktor eksposi memberikan noise yang besar karena pada kenaikan tegangan dan penambahan mAs akan meningkatkan noise dimana noise dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu kV, mAs, filtrasi, dan kolimator (Seibert, 2006).

Pada Tabel 1, nilai SNR pulmonum dan costae pada citra radiografi thorax AP modalitas CR dan DR yang dihasilkan dapat dilihat bahwa nilai SNR tertinggi terdapat pada citra dengan faktor eksposi 50kVp 20mAs dengan menggunakan modalitas DR. Nilai SNR terendah pada radiograf AP faktor eksposi 70kVp 5mAs dengan modalitas CR. Munculnya noise akibat modifikasi faktor eksposi pada citra CR maupun DR secara langsung memberikan pengaruh terhadap nilai SNR yang dihasilkan.

Semakin tinggi noise maka akan semakin rendah SNR yang dihasilkan begitupun sebaliknya. Secara kualitatif, perubahan tegangan tabung sinar-X berpengaruh terhadap tingkat keabuan citra radiografi digital yang dihasilkan. Semakin tinggi tegangan maka semakin rendah tingkat keabuan (Suyatno, 2008). Menurut Meredith dan Massey (1997) menyatakan bahwa peningkatan tegangan tabung akan meningkatkan daya tembus sinar-X, sehingga sinar-X menimbulkan kehitaman pada film juga semakin banyak. Citra radiografi digital dinyatakan berkualitas apabila mampu memberikan informasi yang jelas mengenai keadaan suatu objek yang diperiksa dan ditentukan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu nilai noise (Bontrager & Lampignano, 2014).

Hasil Nilai Exposure Indeks (EI) dan Sentivity
Tabel 2. EI dan sensitivitas radiografi thorax

Citra	Faktor Eksposi	Ekpsoure Indeks (EI) pada CR	Deviation Indeks (DI) pada CR	Sensitivity
1	50 kVp 20 mAs	2711	4.9	35
2	60 kVp 10 mAs	2760	5.0	38
3	70 kVp 5 mAs	1997	3.6	53

EI mengacu pada jumlah radiasi yang diterima oleh *imaging plate* dalam menghasilkan citra. Nilai tersebut memberikan informasi citra sesuai dengan kondisi *underexposure*, *overexposure*, dan *noise* yang terdeteksi (Paul, 2012). Nilai EI dapat

digunakan untuk penilaian kualitas citra secara tidak langsung karena teknik dan parameter radiografi mempengaruhi kualitas citra (Soo-Foon Moey). EI selain untuk menentukan kualitas citra juga dapat untuk memperkirakan dosis yang diterima pasien yaitu dengan melihat EI yg kecil dosis lebih kecil. Menurut (Seeram et al., 2013) bahwa EI dapat dilihat sebagai peluang optimasi dosis ke pasein, sehingga EI dapat diidentifikasi sebagai mekanisme kontrol dosis.

Pada Tabel 2, nilai EI urutan dari paling *underexposure* sampai *overexposure* di 70kVp, 50kVp dan 60kVp. Hal ini artinya ekposure yg diberikan pada 70 kV memiliki dosis lebih rendah dibandingkan dengan faktor eksposi yang lain dikarenakan penggunaan aturan 10kV yaitu naik 10 kV dan penurunan mAs setengahnya. Walaupun nilai kVp dinaikkan 10 kV, akan tetapi mAs yang ada menjadi turun setengah dari faktor eksposi normal. Pada penelitian ini juga dapat dikatakan bahwa EI dapat digunakan sebagai “pengganti untuk manajemen dosis” sehingga EI menunjukkan perkiraan dosis yang diterima pasien. Dosis pasien ditentukan oleh beberapa faktor teknis sinar X (kV, mAs, grid, SID, filtrasi, kolimasi berkas), penetrasi dan kualitas berkas sinar-X, atenuasi dan ukuran atau luas obyek yang terkena radiasi.

Pada CR Prima T2 menggunakan nilai sensitivitas yang berhubungan dengan besarnya amplifikasi yang dibutuhkan oleh tabung photomultiplier untuk mengatur gambar digital. S berbanding terbalik dengan ekposure. Gambar yang termasuk dalam *properly exposure* harus memiliki nilai S antara 150-250/mR (Carlton & Adler, 2006). Nilai S yang direkomendasikan untuk pemeriksaan thorax pada umumnya adalah 200-600/mR. Nilai S dikatakan *overexposed* apabila dibawah 75/mR dan dikatakan *underexposed* apabila diatas 500/mR (Fuji, 2004). Dari hasil nilai S ketiga citra radiografi thorax AP dengan menggunakan odalitas CR Prima T2 tersebut, didapatkan hasil S dibawah 75 sehingga disimpulkan faktor eksposi yang digunakan termasuk dalam *overexposed*. Hal ini dikarenakan pada Fuji service manual ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai sensitivity, seperti scatter, jarak, kolimasi, pemeriksaan yang dipilih, delay time processing, mAs, dan atenuasi (Rochmayanti, Darmini, & Jannah, 2018). Selain itu dapat dikarenakan objek yang digunakan adalah phantom dengan kerapatan yang berbeda dan dibawah dibandingkan dengan kerapatan thorax orang pada umumnya.

Tidak dilakukannya penilaian citra secara subjektif dengan *visual grading analysis* (VGA) menjadi keterbatasan dalam penelitian ini. Pengukuran dosis menggunakan perhitungan nilai entrance skin dose (ESD) pada kedua modalitas yang digunakan baik CR maupun DR juga tidak dilakukan selama penelitian berlangsung. Penulis melihat dosis berdasarkan nilai exposure indeks dan sensitivity yang muncul pada modalitas CR. Selain itu, penulis mengalami kendala dalam memperoleh nilai exposure indeks dan sensitivity modalitas DR yang digunakan. Penelitian kedepan, perlu dikaji lebih lanjut mengenai penilaian kualitas dan dosis citra yang dihasilkan antara modalitas CR dan DR dengan menggunakan penilaian baik objektif maupun subjektif dan dilakukan penambahan variabel modifikasi faktor eksposi dan jenis phantom yang lebih banyak agar mendapat citra dan dosis yang optimal pada banyak bagian phantom yang diperiksa.

Simpulan

Penerapan modifikasi faktor eksposi aturan 10kV pada citra radiograf thorax AP modalitas CR dan DR menghasilkan histogram yang merata dengan kontras yang homogen untuk semua faktor eksposi dan menyebabkan terdapat perbedaan kualitas citra (noise dan SNR), noise terendah dan SNR tertinggi terdapat pada citra DR dengan faktor eksposi 50kVp 20mAs, namun untuk exposure index terendah pada faktor eksposi 70kVp 5mAs.

Daftar Pustaka

Adler, A., & Carlton, R.. *Introduction to Radiologic and Imaging Sciences and Patient Care* (6th ed). 2016, Missouri: Elsevier.

A. N. Mukhtar, and H. Sutanto. Analisa Pengaruh Grid Rasio Dan Faktor Eksposi Terhadap Gambaran Radiografi Phantom Thorax. *Youngster Physics Journal*, Jan 2015, vol. 4, no. 1, pp. 133-138.

Apriantoro, N. H., Santoso, B., Purwantiningsih, & Ambarsari, T. Optimizing Analysis of The Radiographic Image and Entrance Surface Dose Using Computed Radiography in Chest Examination. 2018, 09, 22–33.

Bontrager, K. L., & Lampignano, J. P. *Textbook Of Radiographic Positioning And Related Anatomy*. 2017.

Bushong, Stewart Carlyle. *Radiologic Science for Technologists. Physics, Biology and Protection. In Medical Physics* (11th ed). 2017, <https://doi.org/10.1118/1.594213>

DeWerd, L.A., Bartol, L., & Davis, S. (n.d.). Thermoluminescencedosimetry.

<http://www.aapm.org/meetings/09SS/documents/24DeWerd-TLDs.pdf>

Freitas, M., & Yoshimura, E. Diagnostic reference levels for the most frequent radiological examinations carried out in Brazil. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, 2015, 25(2): 95-104

Lin, X., Gong, Z., Xiao, Z., Xiong, J., Fan, B., & Liu, J. Novel coronavirus pneumonia outbreak in 2019: Computed tomographic findings in two cases. *Korean Journal of Radiology*, 2020, 21(3), 365–368

Long, B. W., Rollins, J. H., & Smith, B. J. *Merrill 's Atlas of Radiographic Positioning & Procedures* (13th ed). 2016, St. Louis: Elsevier Mosby.

Luk, AC dan Suparta, GB. Pengukuran Kualitas Sistem Pencitraan Radiografi Digital Sinar-X. *Berkala MIPA*. 2014, Vol 24 No 2.

Paul, T. S. R. *Radiologic Technology at a Glance* (1st ed). 2012, New York: Delmar Cengage Learning.

Pradana, A.E.D. Pengaruh Penggunaan Kv Tinggi Pada Pemeriksaan Thorak Anak Terhadap Kualitas Gambar Dan Dosis Radiasi. *Universitas Indonesia FMIPA*, Indonesia. 2011.

Rochmayanti, D., Darmini, D., & Jannah, M. Faktor Determinan Kolimasi, Ukuran Imaging Plate Dan Delay Time Processing Terhadap Exposure Index. *Jurnal Riset Kesehatan*, 2018, 6(2), 1. <https://doi.org/10.31983/jrk.v6i2.2910>

Rochmayanti, D GM Wibowo, AN Setiawan. Implementation of exposure index for optimize image quality and patient dose estimation with computed radiography (a clinical study of adult posteroanterior chest and anteroposterior abdomen radiography). *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.

Seeram, E. *Digital Radiography: Physical Principles and Quality Control* (2nd Ed, ed.). Sydney: Springer. 2018.

Seibert, JA and Morin RL The standardized exposure index for digital radiography:an opportunity for optimization of radiation doseto the pediatric population. *Pediatr Radiol*. 2011, Vol 41 : 573-581.

Suryaningsih, F, Kurnianto, K dan Susanto, AT. Pengujian Hasil Rekonstruksi Citra Radiografi Digital Menggunakan Program Labview. *Jurnal Perangkat Nuklir*. 2015, Vol 09 No 01.

Tateno, Y., Linuma, & Takano. *Computed Radiography* (1st ed). Tokyo: Springer. 1987.

Winarno G. Optimasi Citra Radiografi Dan Entrance Surface Dose (Esd) Menggunakan Sistem Fuji Computed Radiography (Fcr). *Universitas Indonesia*, 2012.

Yusnida & Saryono. Uji Image Uniformity Perangkat Computed Radiography dengan Metode Pengolahan Citra Digital. *Youngster Physics Journal*. 2014. 3 : 251- 252.