



FAKTOR DETERMINAN KOLIMASI, UKURAN *IMAGING PLATE* DAN *DELAY TIME PROCESSING* TERHADAP *EXPOSURE INDEX*

Dwi Rochmayanti^{*)}; Darmini Darmini ; Marichatul Jannah

Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi ; Poltekkes Kemenkes Semarang
Jl. Tirta Agung ; Pedalangan ; Banyumanik ; Semarang

Abstrak

Exposure index merupakan parameter yang penting terhadap kualitas citra, meskipun bukan merupakan hal teknis yang dapat menentukan dosis pada pasien, tetapi menjadi rujukan dalam mengestimasi dosis yang diterima oleh pasien. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *exposure index* dengan menggunakan phantom thoraks. Faktor yang diteliti meliputi kolimasi, ukuran *imaging plate* yang digunakan serta *delay time processing*. Penelitian kuantitatif ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen. Ukuran kolimasi yang digunakan meliputi dua ukuran yaitu 35x35 cm dan 35x43 cm. Untuk luasan kolimasi menggunakan lima variasi ukuran yaitu 30x30 cm, 30x35 cm, 35x35 cm, 30x40 cm, dan 35x43 cm. *Delay time processing* sebesar 0 menit, 10 menit, dan 20 menit. Semua data nilai *exposure index* dicatat untuk selanjutnya dilakukan pengolahan data dan dilakukan analisis dengan uji korelasi. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa *delay time processing* memberikan pengaruh yang dominan dibandingkan dengan variabel yang lain, dengan nilai signifikansi sebesar $0.000 < 0.05$, sedangkan besar pengaruh adalah 73%. Adapun ukuran *imaging plate* yang digunakan tidak memberikan efek yang jelas terhadap perubahan nilai *exposure index*. Faktor kolimasi memberikan pengaruh sebesar 49%, sedangkan untuk ukuran *imaging plate* tidak ada perbedaan pengaruh terhadap *exposure index*.

Kata kunci: *Exposure index* ; Kolimasi ; Ukuran *imaging plate* ; *Delay time processing*

Abstract

[DETERMINANT FACTORS OF COLLIMATION, IMAGING PLATE SIZE AND DELAY TIME PROCESSING TO EXPOSURE INDEX] *Exposure index* is an important parameter of the quality of the image, although it is not a technical thing that can determine the dose in the patient, but it could be a reference to estimate the dose received by patients. This study aims to determine the factors that affect the value of the index exposure by using phantom thorax. Factors examined included collimation, imaging plate size and delay time processing. Quantitative research was conducted with the experimental approach. Collimation size used of 35x35 cm and 35x43 cm. The extent of collimation using five variation of sizes, 30x30 cm, 30x35 cm, 35x35 cm, 30x40 cm and 35x43 cm. Delay time processing used of 0 minutes, 10 minutes and 20 minutes. All data exposure index value is recorded for further data processing and analyzed with correlation test. The result showed that delay time processing provides the dominant influence compared to other variables, with a significance value of $0.000 < 0.05$, while the influence is 73%. The size of the imaging plate used does not provide a clear effect on the change in the exposure index. Collimation has an effect of 49%, while for the imaging plate size was not difference in effect on the exposure index.

Keywords: *Exposure Index* ; *Collimation* ; *Imaging plate size* ; *Delay time processing*

1. Pendahuluan

Sebagian besar pemeriksaan radiografi saat ini sudah menggunakan teknologi digital,

dimana salah satunya untuk *image reader* dan *image processing* nya menggunakan modalitas *Computed Radiography* (CR). Penggunaan CR lebih menguntungkan dibandingkan sistem

^{*)} Dwi Rochmayanti

E-mail: dwirochmayanti@poltekkes-smg.ac.id

film-screen karena memiliki akuisisi dan *image processing* yang lebih cepat, rentang dinamik range yang lebar, kemudahan pengaturan kontras, *brightness*, dan *electronic cropping*. CR akan menghasilkan sebuah citra dengan *exposure index* sebagai *feedback* bagi seorang radiografer. Secara umum istilah ini lebih dikenal sebagai *exposure index* (EI) (Kodak dan Phillips), *S-value* (Fuji) dan *LgM value* (Agfa), dimana istilah generiknya semuanya biasa disebut *exposure index* (Baker, M., 2012 34-37).

Exposure Index (IE) merupakan ukuran dari jumlah paparan yang diterima oleh reseptor citra (*image reseptor*) (Bontrager&Lampignano, 2005, p. 52). *Exposure Index* pada setiap pabrikan telah mengeluarkan rentang bagi tiap-tiap jenis pemeriksaan, tentu saja ada faktor yang mempengaruhi pada exposure itu sendiri. Pada CR fuji misalnya, pada Fuji *service manual* disebutkan ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai S, seperti *scatter*, jarak, kolimasi, pemeriksaan yang dipilih, dan *delay time processing*. Pada literatur lainnya disebutkan faktor yang mempengaruhi *Exposure Index* tergantung pada mAs, total luas detektor yang disinari dan atenuasi (Bontrager&Lampignano, 2005, p. 52). IE 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. Usaha standarisasi IE untuk sistem detektor digital radiografi diinisiasi oleh *International Electrotechnical Commission* (IEC) dan *American Association of Physics in Medicine* (AAPM).

Meskipun IE dan ID tidak berhubungan langsung dengan dosis pasien, evaluasi IE perlu dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan x-ray telah digunakan secara tepat dan untuk optimasi dosis radiasi pada setiap pemeriksaan radiografi yang selanjutnya dipakai sebagai dasar bahwa aspek *patient care* merupakan hal yang tidak dapat disepelekan (J.A. Siebert, 2011).

Setiap pabrikan telah menetapkan sebuah rekomendasi rentang *exposure index* untuk setiap proyeksi. Hal ini merupakan rekomendasi yang harus diikuti untuk mengurangi timbulnya *quantum mottle* akibat *under* eksposi. *Exposure Index* dideskripsikan sebagai hal yang penting untuk mengontrol kualitas citra dan menjaga dosis pasien seminimal mungkin, meskipun banyak faktor yang mempengaruhi seperti faktor eksposi.

Pemeriksaan radiologi thoraks ialah pemeriksaan yang paling banyak dijumpai dalam semua pemeriksaan radiologi. Pemeriksaan rongga *thorax* bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang rongga thoraks dan isinya, untuk membantu menegakkan diagnosis (Bontrager, 2005). Pemeriksaan thoraks sering dilakukan sebagai salah satu pemeriksaan dalam *general check-up*, mengetahui keadaan umum pasien sebelum melakukan operasi, ataupun pada pemeriksaan lain untuk menentukan suatu diagnosis sebuah penyakit.

2. Metode

Penelitian kuantitatif ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen. Ukuran kolimasi yang digunakan meliputi dua ukuran yaitu 35x35 cm dan 35x43 cm. Untuk luasan kolimasi menggunakan lima variasi ukuran, yaitu 30x30 cm, 30x35 cm, 35x35 cm, 30x40 cm, dan 35x43 cm. *Delay time processing* 0 menit, 10 menit, dan 20 menit. Semua data nilai *exposure index* dicatat untuk selanjutnya dilakukan pengolahan data dan dilakukan analisis dengan uji korelasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi penggunaan ukuran *imaging plate*, ada dua ukuran *imaging plate* yang tersedia untuk thoraks dewasa yaitu ukuran 35x35 dan 35x43. Jumlah seluruh *imaging plate* sebanyak 3 buah ukuran 35x35 dan 2 buah ukuran 35x43. Jadi total kaset keseluruhan berjumlah 5 buah. Sebelum pelaksanaan pengambilan data, kaset dihapus untuk memastikan *imaging plate* dalam keadaan yang baik dan siap digunakan. Selain memastikan *imaging plate*, kondisi pesawat X-ray juga dipastikan dalam keadaan yang memadai untuk keluaran.

Tabel 1. Hasil Uji akurasi kVp

No	Setting		Hasil Ukur (kV)	Error (%)	Nilai Lolos Uji
	kV	mAs			
1	50		47.16458	5.67	E max = 10%
2	60		57.24145	4.60	
3	70	10	67.23464	3.95	
4	80		77.01631	3.73	
5	90		87.15472	3.16	

Dari tabel 1 diatas, menunjukkan bahwa dalam rentang pengujian tegangan tabung dari 50-90 kV menghasilkan hasil ukur dengan

tingkat *error* tertinggi adalah 5.67% pada setting tegangan 50 kV. Hasil ini masih jauh dibawah dari rentang yang dipersyaratkan yaitu *error* maksimal adalah 10%. Dari data ini dapat diambil kesimpulan bahwa keluaran tegangan tabung masih dalam keadaan yang baik.

Tabel 2. Hasil Uji Linieritas Keluaran Radiasi

No	Setting		Dosis (mGy)	mGy/mAs	Koefisien Linieritas	Nilai Lolos Uji
	kV	mAs				
1	80	2.5	0.10216	0.0409	0.0472	CL ≤ 0.1
2		5	0.21301	0.0426		
3		10	0.44917	0.0449		
4		20	0.93190	0.0466		

Berdasarkan data pada tabel 2, terlihat bahwa hasil uji linieritas keluaran radiasi dengan setting tegangan tabung 80, dan variasi arus tabung 2.5, 5, 10, dan 20 menunjukkan koefisien linieritas adalah 0.0472. Hasil ini masih menunjukkan nilai dibawah nilai lolos uji yang mensyaratkan nilai koefisien linieritas keluaran radiasi adalah ≤ 0.1.

Tabel 3. Hasil Uji Reproduksi tegangan puncak (kVp), waktu penyinaran (s) dan dosis (mGy)

No	Setting		Hasil Ukur			Nilai Lolos Uji
	kV	mAs	kV	s	Dosis (mGy)	
1	80	10	76.88406	0.31604	0.44896	CV ≤ 0.05
2			76.94668	0.31135	0.44978	
3			76.87457	0.31604	0.44975	
4			76.84534	0.31609	0.44796	
5			76.78024	0.31619	0.44969	
Rerata			76.8662	0.3151	0.4492	
Standar Deviasi			0.0606	0.0021	0.0008	
Koefisien Variasi			0.0008	0.0067	0.0018	

Tabel 3 menunjukkan hasil uji reproduksibilitas tegangan puncak (kVp), waktu penyinaran (s) dan dosis (mGy), dimana Koefisien Variasi ketiganya masih dibawah nilai lolos uji. Koefisien Variasi (CV) tegangan puncak (kVp) adalah 0.0008; waktu penyinaran (s) sebesar 0.0067 dan dosis sebesar 0.0018. Ketiganya masih dibawah nilai lolos uji dimana nilai CV ≤ 0.05. Berdasarkan hasil diatas, dapat disimpulkan bahwa kondisi pesawat sinar X yang digunakan sebagai alat penelitian dalam keadaan baik dan siap digunakan.

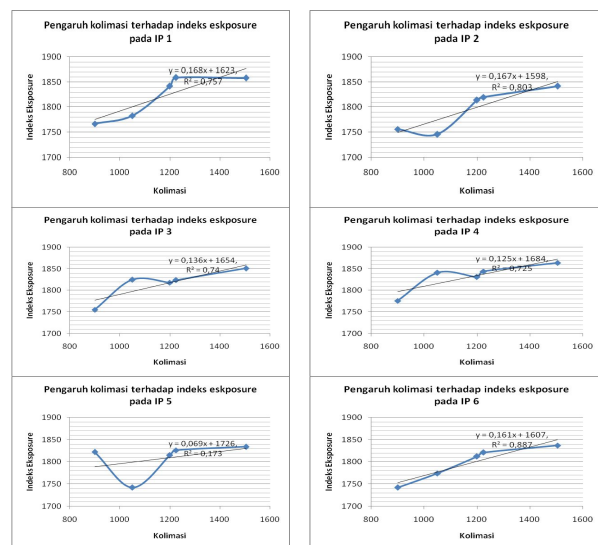
Faktor lain yang berhubungan dalam proses pengambilan data adalah kondisi *Imaging Plate* (IP) dan penentuan faktor eksposi yang tepat khususnya untuk pemeriksaan radiografi Thoraks. Obyek penelitian dalam hal ini adalah phantom Thoraks. Faktor eksposi memegang

peranan yang cukup penting dalam menghasilkan kualitas dan rentang *Exposure Index* yang tepat. Faktor eksposi yang digunakan diupayakan masih dalam rentang yang dipersyaratkan dengan indikasi faktor *Exposure Index* masih dalam rentangnya ditandai tidak ada label merah pada nilai *Exposure Index*. Setelah dilakukan beberapa kali uji coba, akhirnya didapatkan faktor eksposi yang paling tepat adalah 52 kV dan 12.5 mAs, tanpa grid. Kondisi IP juga dicek dan dilakukan proses *erasing* sebelum digunakan untuk pengambilan data. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan adanya artefak atau fog yang mungkin ditimbulkan akibat tidak digunakannya IP dalam waktu yang cukup lama.

Pengaruh Kolimasi Terhadap Exposure Index

Penelitian ini dilakukan dengan berbagai variasi pengaturan kolimasi (sebanyak 5 variasi kolimasi), yaitu ukuran 30x30 cm, 30x35 cm, 30x40 cm, 35x35cm, dan 35x43 cm.

Dari hasil penelitian didapatkan 5 dari 6 IP yang digunakan menunjukkan data adanya peningkatan nilai *Exposure Index* saat kolimasi diatur semakin luas. Ada beberapa nilai *Exposure Index* yang tidak linier dengan perubahan kolimasi. Sebagian besar data dapat ditarik kesimpulan semakin besar kolimasi yang diberikan, semakin besar eksposure yang sampai ke detektor akan menimbulkan kenaikan pada nilai *Exposure Index*. Adapun perubahannya dapat dilihat pada gambar grafik pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram perubahan kolimasi terhadap *Exposure Index* pada seluruh IP

Dari 5 (lima buah) *imaging plate* yang digunakan, masing-masing ada satu nilai *Exposure Index* yang hasilnya tidak linier dengan luas kolimasi. Hal ini terlihat pada Tabel 4. Pada *Imaging Plate* 1 (9103077521), ada satu nilai yang mengalami sedikit penurunan dari 1559 menjadi 1558, padahal kolimasi bertambah dari ukuran 35x35 cm menjadi 35x43 cm. Nilai *exposure index* pada *imaging plate* no 2 (9103080476) kolimasi ukuran 30x35 cm, terlihat tampak berbeda dibanding yang lain pada IP yang sama, terjadi penurunan *exposure index* padahal kolimasi bertambah. IP 3 (9103081648) tampak nilai IE berbeda ditunjukkan pada kolimasi 30x40 cm dimana terjadi penurunan meski tidak terlalu ekstrim dibandingkan kolimasi yang lebih kecil. Pada IP 4 (9103080574), tampak pada kolimasi 30x40 cm, menghasilkan *exposure index* yang lebih rendah pada ukuran 30x30 cm. IP 5 (9104400602) pada kolimasi 30x30 cm terlihat nilai *exposure index* yang lebih tinggi dibanding nilai *exposure index* pada kolimasi ukuran 30x35 cm dan 30x40 cm. IP 6 (9104400669), terlihat nilai *exposure index* meningkat seiring dengan meningkatnya kolimasi.

Meskipun kenaikan yang didapatkan relatif kecil dan masih rentang aman berdasarkan *exposure index* vendor, tetapi hal ini perlu dicermati akibat pemberian luas kolimasi yang lebih besar. Pemberian kolimasi yang berlebihan kepada obyek, akan memberikan dampak negatif terhadap sel dan jaringan yang diradiasi.

Pengaturan parameter pemeriksaan, seperti pengaturan kolimasi secara tepat, merupakan issue yang penting dalam praktik di radiografi (Stollfuss, 2015). Dikatakan bahwa pengurangan kolimasi akan mengurangi juga sejumlah jaringan yang teradiasi. Hal ini juga mengurangi sejumlah radiasi hambur yang dihasilkan. Sehingga dengan adanya pengurangan *scatter* yang sampai pada *image reseptor* akan meningkatkan kontras dan kualitas citra.

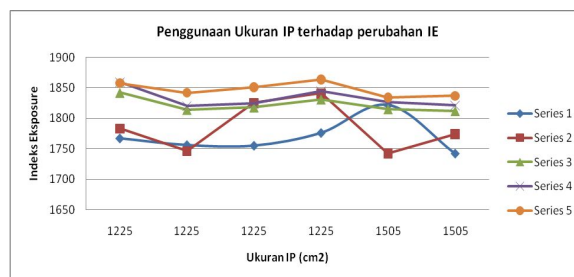
Pengaruh Ukuran Imaging Plate Terhadap Exposure Index

Pada penelitian ini digunakan semua *Imaging Plate* (IP) yang biasa digunakan untuk phantom thoraks dengan jumlah keseluruhan adalah 5 (lima) *imaging plate* yang terdiri atas 3 (tiga) IP berukuran 35x35 cm dan 2 (dua) buah IP ukuran 35x45 cm. Sebelum digunakan penelitian, seluruh IP dilakukan *erase* untuk memastikan tidak ada bayangan laten yang masih tersisa pada setiap IP.

Tabel 4. Pengaruh Ukuran *Imaging Plate* Terhadap *Exposure Index*

Ukuran IP	Ukuran Kolimasi	Rata-Rata IE
35 x 35 cm	1 30 x 30 cm	1764
	2 30 x 35 cm	1799
	3 30 x 40 cm	1826
	4 35 x 35 cm	1837
	5 35 x 43 cm	1854
35 x 43 cm	1 30 x 30 cm	1782
	2 30 x 35 cm	1758
	3 30 x 40 cm	1814
	4 35 x 35 cm	1824
	5 35 x 43 cm	1836

Dari tabel 4, menunjukkan bahwa antara ukuran IP yang digunakan, baik yang ukuran 35x35 cm ataupun 35x43 cm, memberikan nilai *exposure index* yang bervariasi. Tidak ada *trendline* yang ditemukan dalam rangka mendapatkan pengaruh ukuran IP terhadap *exposure index*.



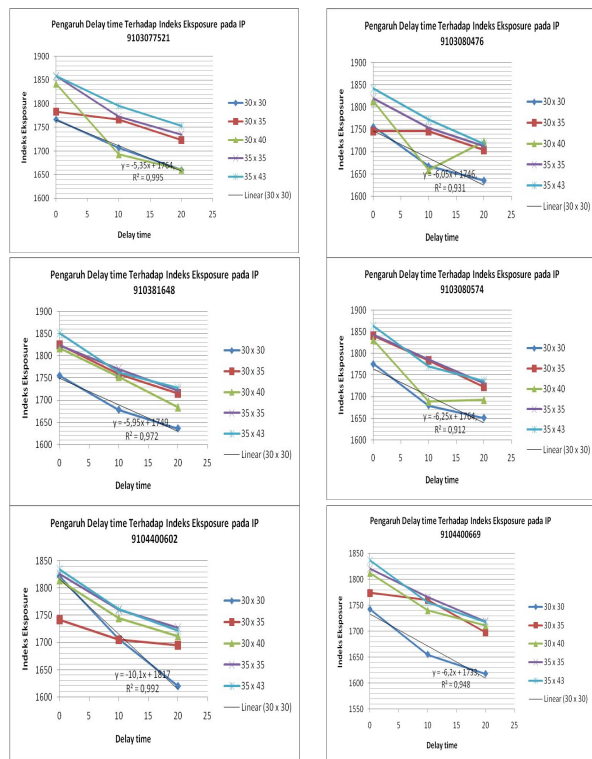
Gambar 2. Rata-rata kenaikan *exposure index* seiring dengan kenaikan luas lapangan kolimasi pada *imaging plate* ukuran 35x35 dan 35x43 cm

Dari gambar 2 terlihat bahwa tidak menggambarkan secara spesifik perubahan nilai *exposure index* akibat adanya pemakaian *imaging plate* baik pada pemakaian IP ukuran 35x35 cm atau 35x 43 cm.

Pada data diatas, dilakukan uji beda dengan t-test dari kedua variabel ukuran *imaging plate* didapatkan hasil bahwa *p value* lebih besar dibanding alfa 5%, hal ini berarti bahwa tidak ada perbedaan antara ukuran IP dengan nilai *Exposure Index* yang didapat. Hasil ini juga sama seperti pada penelitian sebelumnya oleh Baker (2012), dimana pada kaset ukuran kecil dan medium perbedaan nilai *exposure index* sangat minimal, hal ini dimungkinkan karena ukuran phantom yang digunakan adalah sama untuk kedua ukuran IP yang digunakan.

Pengaruh Delay Time Processing terhadap Exposure Index

Pada salah satu penelitian (Baker, 2012) *delay time processing* berpengaruh terhadap perubahan nilai *exposure index*. Pada penelitian ini dilakukan *processing* dengan tidak ada *delay time* (0 menit), 10 menit, dan 20 menit. Pemilihan waktu *delay* ini berdasarkan asumsi bahwa terkadang pada satu pasien dilakukan foto 2 proyeksi sekaligus, sehingga pada saat selesai pemeriksaan yang pertama, dilanjutkan ke pemeriksaan selanjutnya sehingga jika *processing* antara proyeksi satu dan dua dilakukan bersamaan, akan membutuhkan waktu beberapa saat sebelum *processing* dilakukan. Hasil dari pengaruh *delay time* terhadap perubahan nilai *exposure index* bernilai negatif, artinya semakin lama *delay* nya maka nilai *exposure index* akan semakin turun. Hal ini terlihat pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Grafik perubahan delaytime terhadap Exposure Index pada semua IP

Dari grafik diatas terlihat bahwa, dengan *delay time* yang relatif bertambah, akan memberikan nilai *exposure index* yang semakin menurun. Hal ini terjadi hampir disemua IP yang digunakan.

Saat eksposi dengan sinar-X dilakukan, maka elektron dalam IP akan meningkat dan akan terikat dalam energi yang tinggi sampai dilakukan *processing*. Seiring dengan berjalannya

waktu, beberapa elektron ini akan kembali ke kedudukan energi yang lebih rendah, yang menghasilkan *decay* pada gambar laten (Baker, 2012). Hal ini akan memberikan pengaruh sejumlah kecil energi akan dibebaskan dari plate selama proses *scanning*, hal ini seperti halnya terjadi apabila menggunakan eksposi yang lebih rendah. Dari penelitian ini didapatkan hasil semakin lama waktu jeda antara eksposi dan *image processing* akan memberikan dampak penurunan *exposure index* yang cukup signifikan.

Oleh karena itu, sangat direkomendasikan IP segera diproses setelah dilakukan eksposi. Hal ini sangat direkomendasikan terutama untuk pemeriksaan radiografi pada satu pasien yang memerlukan beberapa proyeksi pemeriksaan. Karena akan terjadi penurunan citra sebagaimana jika menggunakan eksposi yang rendah.

Faktor Dominan yang Berpengaruh Pada Exposure Index dengan menggunakan Phantom Thoraks

Dari beberapa variabel (3 variabel) yang mempengaruhi *exposure index* yang diteliti, hanya kolimasi dan *delay time* yang dilakukan uji korelasi. Ukuran IP, dari hasil penelitian ini tidak terlalu memberikan dampak yang cukup berarti, sebagaimana terlihat pada tabel 4, dimana nilai *exposure index* ternyata sangat bervariasi saat digunakan IP ukuran 35x35 ataupun 35x43 cm dan tak tampak perbedaan nilai *exposure index* pada kedua ukuran IP tersebut.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Baker (2012), dinyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi nilai *exposure index* antara lain : kolimasi, posisi titik bidik, *delay time*, metalik implan, dan ukuran kaset. Dinyatakan bahwa kolimasi menjadi faktor terbesar dalam memberikan pengaruh pada nilai *exposure index*.

Pada penelitian ini, dari hasil uji korelasi, dimana mencari hubungan antara kolimasi dan *exposure index* didapatkan hasil korelasi bernilai 0.702. Hal ini berarti bahwa ada hubungan antara kolimasi dan *exposure index*, dengan nilai signifikansi sebesar 0.005. Besarnya nilai korelasi antara kolimasi dan *exposure index* dinyatakan dengan nilai R² dimana besarnya adalah 49%.

Hubungan antara *delay time* dan *exposure index* dinyatakan dalam hasil uji korelasi adalah sebesar -.856 dengan nilai signifikansi sebesar 0.000. Hal ini memberikan arti bahwa ada hubungan antara *delay time* terhadap *exposure*

index dan hubungannya sangat erat. Tanda negatif menunjukkan bahwa, setiap *delay time* bertambah akan memberikan dampak terhadap penurunan dari *exposure index*. Adapun besarnya korelasi antara *exposure index* dan *delay time* dinyatakan dalam R^2 yang bernilai 73%.

Dari kedua hasil uji tersebut, pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu faktor *delay time* memberikan pengaruh terbesar dalam perubahan nilai *exposure index*.

4. Simpulan dan Saran

Kolimasi memberikan pengaruh terhadap *exposure index*, semakin besar kolimasi maka nilai *exposure index* relatif bertambah. Ukuran *imaging plate* tidak berdampak signifikan terhadap perubahan nilai *exposure index*. *Delay time processing* memberikan dampak sekitar 73% terhadap perubahan nilai *exposure index*. Semakin lama *delay time processing* akan memberikan pengaruh penurunan terhadap nilai *exposure index*. *Delay time* memberikan pengaruh yang dominan terhadap perubahan nilai *exposure index*.

Dari hasil dan pembahasan penelitian dapat diambil untuk beberapa saran sebagai berikut sangat penting dalam pengaturan parameter kolimasi dalam tindakan radiografi. Meskipun secara hasil penelitian, dampak perubahan terhadap *exposure index* terlihat minimal, tetapi hal ini sangat penting dalam menjaga radiasi yang berlebihan terhadap obyek. Gunakan kolimasi sesuai dengan obyek yang difoto.

Disarankan untuk segera melakukan *processing* citra setelah dilakukan eksposi. Menghindari sebisa mungkin melakukan serangkaian tindakan radiografi secara simultan, dan melakukan *processing* dalam waktu yang bersamaan, karena hal ini akan memberikan dampak terhadap penurunan kualitas citra.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Direktur Poltekkes Kemenkes Semarang. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada civitas akademika Jurusan Teknik Radiologi dan Radiodiagnostik beserta Tim UPPM Poltekkes Kemenkes Semarang.

6. Daftar Pustaka

- Baker M., 2012, Investigation into Factors Influencing Fuji S-Value Using an Extremity phantom, *Journal of Medical Imaging Radiation Sciences* 43 (2012) 34-37.
- Bontrager, K. L., & Lampignano, J. P. (2005). *Textbook of radiographic positioning and related anatomy* (6th ed.). Elsevier Science.
- H Warren-Forward, L. Arthur, L. Hobson, etc., *An Assessment of Exposure Indices in Computed Radiography for the posterior chest and lateral lumbar spine*, *The British Journal of radiology*, 80 (2007), 26-31.
- J. Anthony Seibert, Richard L. Morin (2011), *The standardized exposure index for digital radiography : an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population*. *Pediatric Radiology* 41:573-581. © Springerlink.com.
- Koernig, Kevin James (2013), *The effect collimation on image quality and radiation safety ini digital radiography of small animals*, Auburn University.
- L. Lanca and A Silva(2007), *Evaluation of Exposure Index (IgM) in Orthopaedic Radiography*, Sentinel Workshop, delft
- Nadzri, M. M. Y (2011), *Radiographic Image Evaluation*, © University Publication Centre (UPENA), UiTM.
- Mothiram, Ursula, et al (2014), *Digital Radiography Exposure Indices : A review*, *Journal of Medical Radiation Scinces*.
- M.L Butler, PC. Brennan, J. Last, L. Rainford (2010), *A Study of exposure index value fluctuations in computed radiography and direct digital radiography using multiple manufacturers*, *Electronic Presentation Online System*, European Society of Radiology.
- N Pongnapang (2005), *Practical guidelines for radiographers to improve computed radiography image quality*, *Biomedical Imaging and Intervention Journal*.
- Strauss, Lauren J. (2012). *Image Quality Dependence on Image Processing Software in Computed Radiography*. Department of Medical Physics, University of The Free State, Bloemfontein. Retrieved from <http://www.ajol.info/index.php/sajr/article/download/81479/71656>.