SANITAS: JURNAL TEKNOLOGI DAN SENI KESEHATAN
ISSN : 1978-8843 (*PRINT*) / 2615-8647 (*ONLINE*) *Vol.* 09 *No.* 02, 2018 : 93 - 104

OPTIMIZING ANALYSIS OF THE RADIOGRAPHIC IMAGE AND ENTRANCE SURFACE DOSE USING COMPUTED RADIOGRAPHY IN CHEST EXAMINATION

Nursama Heru Apriantoro[1], Budi Santoso[2], Purwantiningsih[2], Tri Ambarsari[2]

[1]Jurusan Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta II
[2]Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional

Email: nsheru@poltekkesjkt2.ac.id

ABSTRACT

This research has conducted about exposure factor variation analysis examination of the thorax surface dose and image noise in radiography. Do 10 (ten) times the exposure in the thorax phantom with various exposure factor such as 50 kV- 8 mAs, 50 kV-10 mAs, 55 kV- 8 mAs, 55 kV-10 mAs, 55 kV-10 mAs, 60 kV- 8 mAs, 60 kV-10 mAs, 66 kV-8 mAs, 66 kV-10 mAs, and 102 kV- 1 mAs, 102 kV - 2,5 mAs for high kV technique. For each exposure factor the pinned , TLD placed in the middle of the field to measure the radiation dose level. The optimum exposure conditions of the thorax PA examination (expressed with IgM value) occurs when using exposure factor 55 kV and 8 mAs for IgM values obtained are 1.91, 6.605 for standard deviation values and ESD 0.098 mGy.

Keywords: Exposure factor, Entrance Surface Dose, Computed Radiography (CR).

ANALISIS OPTIMASI CITRA RADIOGRAFI DAN *ENTRANCE SURFACE DOSE MENGGUNAKAN SISTIM COMPUTED RADIOGRAPHY* PADA PEMERIKSAAN *THORAX*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian analisis variasi faktor eksposi pemeriksaan thorax terhadap dosis permukaan dan *noise* pada citra radiografi. Dilakukan 10 (sepuluh) kali ekspos pada phantom thorax dengan faktor eksposi 50 kV- 8 mAs, 50 kV-10 mAs, 55 kV- 8 mAs, 55 kV-10 mAs, 55 kV-10 mAs, 60 kV- 8 mAs, 60 kV-10 mAs, 66 kV-8 mAs, 66 kV-10 mAs dan 102 kV- 1 mAs, 102 kV - 2,5 mAs untuk teknik kV tinggi. Untuk masing-masing faktor eksposi ditempelkan satu TLD yang diletakkan di tengah lapangan penyinaran untuk mengukur nilai dosis permukaan. Kondisi eksposi optimum pemeriksaan thorax PA (dinyatakan dengan nilai lgM) terjadi ketika penggunaan faktor eksposi 55 kV dengan 8 mAs karena nilai lgM yang didapat yaitu 1,91 , nilai standar deviasi 6,605 dan nilai ESD sebesar 0,098 mGy.

Kata Kunci : Variasi faktor eksposi, Dosis permukaan, *Computed Radiography* (CR).

PENDAHULUAN

Salah satu pemeriksaan atau penyinaran sinar-x yang sering dan umumnya dilakukan pada pelayanan radiologi diagnostik adalah penyinaran sinar-x pada bagian dada (*chest*) atau yang biasa disebut dengan istilah pemeriksaan *thorax.* Namun pelayanan dengan pemanfaatan sinar-x ini memiliki tingkat resiko yang tinggi meskipun kita tidak dapat merasakan atau melihatnya karena sinar-x merupakan radiasi pengion.

Sinar-x dengan panjang gelombang 0,01 nm – 10 nm berdaya tembus tinggi (1) dan dapat menimbulkan ionisasi yang selanjutnya membentuk radikal dalam jaringan tubuh yang dilewatinya (2) Efek radiasi terhadap manusia tersebut dapat muncul apabila tubuh manusia mendapatkan paparan radiasi dengan dosis yang melebihi ambang (efek deterministik) maupun dari akumulasi dosis yang dapat meningkatkan probabilitas timbulnya penyakit kanker (efek stokastik).

Untuk melindungi pasien dari efek akibat radiasi, keselamatan pasien pada setiap pemeriksaan sangat penting, dengan memperhatikan efek radiasi terhadap manusia yang mungkin terjadi. Sehingga penentuan nilai *entrance surface dose* (ESD) sangat penting untuk keselamatan pasien,

Entrance Surface Dose (ESD) atau dosis entrans pasien dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain teknik pemeriksaan, parameter eksposi, jumlah citra yang dibutuhkan dan karakteristik pasien. Oleh karena itu dosis pasien bervariasi dari rumah sakit yang satu dengan rumah sakit yang lain, serta dari alat yang satu dengan alat yang lain.

Sebaiknya setiap pemeriksaan tetap mengikuti konsep dasar yang diberikan oleh *International Committee on Radiological Protection* (ICRP) yaitu semua dosis radiasi harus diusahakan *As Low as Reasonably Achievable* (ALARA). Dengan makna dosis pasien diusahakan rendah, tetapi tidak sampai mengganggu tujuan untuk memperoleh diagnosa optimal yang diperlukan pasien. (3)

Perkembangan peralatan medispun semakin maju seiring dengan kemajuan teknologi salah satunya adalah teknologi pencitraan yaitu berkembang dari reseptor citra film menjadi reseptor digital. Dengan berkembangnya teknologi maka rumah sakit pun banyak beralih menggunakan teknologi digital, baik itu *Computed Radiography* ataupun *Digital Radiography*.

Penelitian melakukan pengukuran *entrance surface dose (ESD)* untuk pemeriksaan radiografi *thorax* menggunakan *phantom* dengan menggunakan variasi faktor eksposi untuk mencari gambaran yang optimal menggunakan sistem pencitraan CR. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur, membandingkan dan menganalisis hasil pengukuran ESD pada pemeriksaan *thorax* dan menilai hasil citra yang didapatkan dengan berbagai variasi faktor eksposi yang diberikan.

Entrance Surface Dose (ESD)

Entrance surface dose (ESD) merupakan salah satu kuantitas yang digunakan dalam radiodiagnostik untuk menyatakan dosis radiasi yang diterima objek, beberapa referensi menggunakan istilah lain yaitu *entrance surface air kerma* (ESAK). ESD merupakan dosis radiasi pada permukaan objek termasuk radiasi *backscatter* (hamburan balik) yang diukur pada pusat berkas radiasi di permukaan pasien atau *phantom*. Satuan lain yang sering digunakan adalah dosis serap (*absorbed dose*) dan dosis insiden (*incident air kerma).*

Perbedaan antara ESD dengan dosis insiden adalah bahwa ESD sudah termasuk dosis radiasi *backscatter* sementara dosis insiden tidak termasuk dosis radiasi *backscatter* sehingga ESD akan selalu lebih besar dari pada dosis insiden. Pengukuran ESD dapat dilakukan dengan cara langsung menggunakan pasien maupun tidak langsung dengan kalkulasi.Pengukuran ESD secara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan TLD (*Thermo Luminescent Detector*) (4)

Proteksi Radiasi

Keselamatan radiasi atau disebut juga proteksi radiasi merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari masalah kesehatan manusia maupun lingkungan dan berkaitan dengan pemberian perlindungan kepada seseorang atau sekelompok orang atau kepada keturunannya terhadap kemungkinan negatif yang merugikan kesehatan akibat paparan radiasi (5)

Proteksi radiasi adalah untuk mencegah terjadinya efek non stokastik yang berbahaya, dan membatasi peluang terjadinya efek stokastik (2,5) hingga pada nilai batas yang dapat diterima masyarakat serta untuk meyakinkan bahwa pekerjaan atau kegiatan yang menggunakan zat radioaktif atau sumber radiasi dapat dibenarkan.

Prinsip proteksi radiasi adalah ALARA (*As Low As Reasonably Achieveable*), artinya semua penyinaran harus diusahakan serendah-rendahnya karena sekecil apapun dosis radiasi efek stokastik tetap dapat timbul. (6)

Dosimeter Luminesensi Termal (TLD)

Dosimeter perorangan zat padat dibuat dari bahan kristal yang dapat menghasilkan efek tertentu ketika terkena paparan radiasi pengion. Ada berbagai jenis dosimeter perorangan zat padat yang saat ini banyak digunakan untuk keperluan rutin pemantauan dosis perorangan pekerja radiasi salah satunya dosimeter thermoluminesensi atau yang lebih dikenal dengan singkatan TLD (*thermoluminensi dosimeter*). Bahan hermoluminesensi dosimeter (TLD) adalah lithium flourida (LiF) dengan nomor atom efektifnya adalah 8,1 cukup ekivalen dengan nomor efektif jaringan tubuh manusia yang nilainya 7,4 (5) Keuntungan dalam penggunaan alat ini adalah mudah dalam pengoperasiannya, evaluasi dapat dilakukan lebih cepat dari dosimeter lainnya, dapat memantau radiasi dengan rentang dosis dari rendah hingga tinggi, dapat dipakai ulang dan tidak peka terhadap faktor-faktor lingkungan.

Proses Pembacaan TLD

Proses pembacaan dosis perorangan dengan TLD dilakukan dengan cara membaca jumlah elektron yang tersimpan di dalam dosimetri tersebut. Elektron yang diserap fosfor dapat dikeluarkan dalam bentuk cahaya tampak. Intensitas cahaya yang dipancarkan dapat diukur dan sebanding dengan jumlah elektron yang terperangkap juga sebanding dengan energi radiasi yang diserap oleh material TL.

Besarnya dosis yang diterima dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan

$$D = q\ Fk$$

dengan :

D : Dosis radiasi yang diterima TLD (mGy)

q : Muatan listrik (nC)

Fk : Faktor kalibrasi (mGy/nC)

Computed Radiograhy

Dengan mengunakan sistem komputerisasi yang mampu mengubah sistem analog menjadi data digital, dan

data digital berubah menjadi sinyal-sinyal yang ditangkap oleh *Photo Multiplier Tube* (PMT) kemudian intensitas cahaya diperkuat dan diubah menjadi sinyal elektrik yang dikonversi ke dalam data digital *Analog Digital Converter* (ADC).

pada CR proses pengumpulan, pengolahan, penampilan, dan penyimpanan citra radiografi menggunakan *imaging plate* (*stimulable phospor*) (7) Bentuk format citra yang dihasilkan oleh CR ini adalah dalam bentuk DICOM (*Digital Imaging and Communcation in Medicine).*

Karakteristik Sistem CR (Agfa)

Exposure index (EI) adalah parameter yang biasa digunakan untuk mengevaluasi jumlah paparan radiasi pada *imaging plate.* Nilai EI direkomendasikan untuk menghasilkan citra yang optimal. Konsep EI dirumuskan sejalan dengan *speed class* (film speed) dalam radiografi konvesional.

Sistem CR agfa menyatakan nilai EI dalam bentuk indeks dosis yang disebut lgM (log median) atau *The Logarihm of The Median Exposure Value,* yaitu nilai logaritma dari nilai median paparan di daerah ROI (region of interest) histogram. Sebagai contoh berdasarkan ISO 9236 – 1, film screen dengan *speed class* 400 membutuhkan rata – rata dosis detector 2,5 μGy untuk menghasilkan citra yang baik. Dengan demikian, sistem CR akan dibuat sesuai dengan konsep *speed class* 400 agar dosis dipusat detector sekitar 2,5 μGy. (8) Hubungan antara lgM, dosis terukur, dan *speed class* dirumuskan dengan persamaan (9)

$$lgM = 1{,}9607 + \log\left[\frac{\text{dose}(\mu\text{Gy})}{2{,}5}\right] + log\left[\frac{speed\ class}{400}\right]$$

atau $lgM = \log(EI)$ (2.3)

Faktor Eksposi

Faktor eksposi yaitu faktor yang mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-x yang diperlukan dalam pembuatan citra radiografi.

***Diagnostic Reference Level* (DRL)**

Berbeda dengan batasan dosis pekerja radiasi dan publik yang merupakan keharusan, DRL lebih bersifat anjuran atau *advisory*. DRL merupakan batasan dosis (*benchmark*) bukan batasan *range* dosis minimal-maksimal. Nilai DRL yang direkomendasikan oleh IAEA diadopsi oleh Indonesia dengan nama tingkat

Tabel 1 Tingkat dosis radiodiagnosik orang dewasa (10)

Pemeriksaan	*Entrance Surface Dose* (mGy)	
Lumbar spine	AP	10
	LAT	30
	LSJ	40
Abdomen	AP	10
Pelvis	AP	10
Hip Joint	AP	10
Chest	PA	0,4
	LAT	1,5
Thoracic Spine	AP	7
	LAT	20
Dental	PERIAPICAL	7
	AP	5
Skull	AP	5
	LAT	3
	LAT	20

panduan dosis radiodiagnostik melalui Surat Keputusan Kepala BAPETEN No01-P/Ka.BAPETEN/I-03. (10)

ImageJ

ImageJ adalah software pengolah gambar berbasis *open source* dengan platform Java yang dikembangkan oleh Wayne Rasband dan tim di *National Institute of Health* (NIH). ImageJ mampu melakukan manipulasi kontras citra, *filtering*, menghitung area dan nilai piksel dari suatu ROI. ImageJ dapat menampilkan histogram dan profil dari citra yang dianalis (11)

METODE PENELITIAN

Tabel 2 Faktor Eksposi untuk Pengukuran ESD_{TLD}

Jenis Pemeriksaan	Parameter Eksposi		FFD (cm)
	kVp	mAs	
Thorax PA	50	8	120
	50	10	
	55	8	
	55	10	
	60	8	
	60	10	
	66	8	
	66	10	
	102	1	
	102	2,5	

Pengukuran *Entrance Surface Dose (ESD)* dilakukan dengan menggunakan Pesawat sinar-x dengan kondisi maksimum 150 kV dan 400 mAs, TLD-100 LiF beserta TLD *reader* harshaw 3500, Obyek phantom, Kaset, digitizer, dan Image console CR Agfa.

Diletakkan 3 *Thermoluminescent detector* (TLD) pada pusat lapangan radiasi (*Center Point)* dengan faktor eksposi seperti Tabel 2.

Optimasi citra yang dimaksud adalah pada proses pembentukan citra yang didasarkan kepada nilai *noise* yang rendah berdasarkan hasil evaluasi citra phantom dengan nilai ESD yang tidak melebihi nilai DRL yang telah ditetapkan oleh Surat Keputusan Kepala BAPETEN No01-P/Ka.BAPETEN/I-03. Evaluasi nilai *noise* pada citra dinilai

dengan menggunakan *software* ImageJ. Hal ini dilakukan untuk melihat manakah yang memiliki *noise* terendah berdasarkan hasil dari penggunaan variasi faktor eksposi.

Tabel 3 Hasil Pengukuran nilai lgM (log median) dan ESD_{TLD} Pemeriksaan thorax untuk setiap Variasi Eksposi

No	Parameter eksposi		lgM	Dosis
	kVp	mAs		mGy
1	50	8	1.75	0,083
2	50	10	1.79	0,088
3	55	8	1.91	0,098
4	55	10	2.01	0,137
5	60	8	2.06	0,113
6	60	10	2.18	0,218
7	66	8	2.29	0,222
8	66	10	2.53	0,283
9	102	1	2.08	0,114
10	102	2,5	2.53	0,201

HASIL DAN PEMBAHASAN

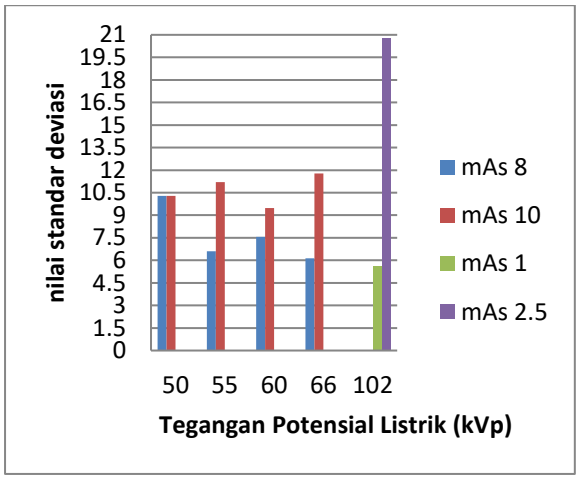
Pengukuran ESD dilakukan dengan metode pengukuran langsung (*direct method)* menggunakan *thermoluminesense dosimeter* (TLD). Proses pengukuran ESD dilakukan dengan cara meletakkan 3 (tiga) *Thermoluminescent detector* (TLD) di pusat lapangan radiasi (*Center Point)* pada phantom thorax. Kemudian dilakukan 10 (sepuluh) kali ekspos pada phantom dengan 10 (sepuluh) kali variasi faktor eksposi dan masing-masing variasi faktor eksposi menggunakan TLD yang berbeda variasi faktor eksposi menggunakan TLD yang berbeda.

Hasil yang didapatkan adalah dengan bertambahnya nilai eksposi yang digunakan maka nilai dosis yang diterima objek pun relatif bertambah.

Optimasi citra yang dimaksud adalah jika faktor eksposi yang diberikan tidak mengurangi hasil pembentukan citra yang tampak. Hasil penilaian citra didasarkan kepada nilai *noise* yang didapatkan. Citra yang baik adalah jika nilai *noise* rendah. Sedangkan evaluasi nilai *noise* diukur berdasarkan nilai piksel, untuk mengukur *noise* luas ROI (*Region Of Interest)* dianjurkan adalah 100 piksel (12). *Noise* merupakan standar deviasi, apabila standar deviasi yang dihasilkan oleh citra tinggi maka nilai *noise* yang dihasilkan citra juga tinggi.

Tabel 4. Hasil pengukuran nilai standar deviasi

No	kVp	mAs	Nilai Standar Deviasi
1	50	8	10,281
2	50	10	10,295
3	55	8	6,605
4	55	10	11,213
5	60	8	7,559
6	60	10	9,471
7	66	8	6,138
8	66	10	11,782
9	102	1	5,645
10	102	2,5	20,779



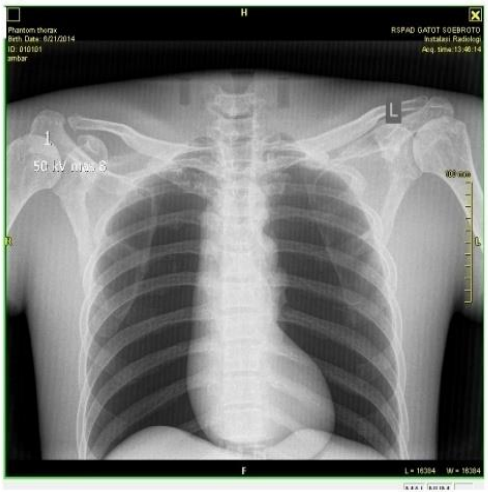
Gambar 1 Pengaruh kenaikan faktor eksposi terhadap nilai standar deviasi

PEMBAHASAN

Faktor eksposi adalah faktor yang mempengaruhi dan menentukan kualitas dan kuantitas dari penyinaran radiasi sinar-x yang diperlukan dalam pembuatan citra radiografi. Pada pemeriksaan thorax PA dalam penelitian ini, dilakukan pula dengan menerapkan teknik kV tinggi. Teknik kV tinggi merupakan teknik radiografi yang menggunakan faktor eksposi minimal 100 kV sehingga perbedaan densitas antara tulang , jaringan lunak , dan udara relatif homogen. Teknik ini disebutkan bahwa dapat memberikan dosis yang lebih rendah kepada pasien. Pengambilan data menggunakan teknik kV tinggi dalam penelitian ini dikarenakan untuk melihat ESD yang didapatkan dan gambaran citra yang terbentuk, walaupun pada RS X teknik tidak diaplikasikan dalam keseharian. Tingginya nilai kV yang digunakan pada teknik ini diseimbangkan dengan penurunan nilai mAs.

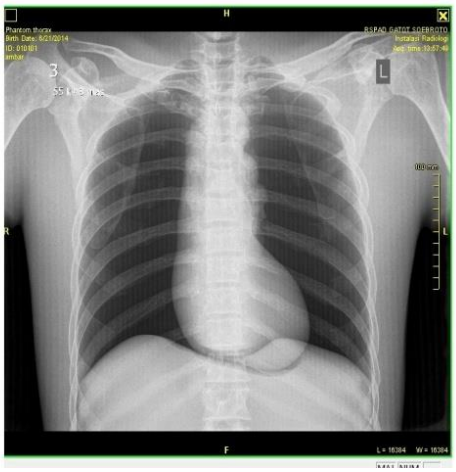
Berdasarkan Tabel 1 diperlihatkan bahwa kenaikan faktor eksposi cenderung diikuti dengan kenaikan nilai $ESD_{TLD,}$ baik untuk penggunaan kV standar maupun untuk penggunaan kV tinggi. Pada Tabel 1 terlihat bahwa nilai ESD terendah diperoleh saat penggunaan faktor eksposi yang terkecil yaitu pada penggunaan 50kV dan 8 mAs, pada penggunaan faktor eksposi ini diperoleh nilai ESD sebesar 0,083 mGy.

Hasil pengukuran nilai lgM (log median) pun yang paling kecil ada pada kondisi faktor eksposi 50 kV dan 8 mAs namun bila dibandingkan dengan rentang yang diberikan oleh rekomendasi referensi yaitu 1,9-2,5 nilai ini berada di bawah rentang sehingga pada kondisi ini gambaran yang ditampilkan masih dibawah standar dan ini dibuktikan dengan penghitungan nilai standar deviasi yang didapatkan tinggi yaitu 10,281 seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Citra Radiografi Thorax PA kondisi eksposi 50 kV dan 8 mAs

Hasil gambar citra radiografi terbaik bila dilihat berdasarkan pada nilai standar deviasi yang terendah dan nilai *Entrance Surface Dose* yang paling rendah adalah gambar citra ke tiga saat penggunaan faktor eksposi 55 kV dan 8 mAs memiliki nilai standar deviasi 6,605. Citra radiografi ditampilkan pada Gambar 3 berikut ini.



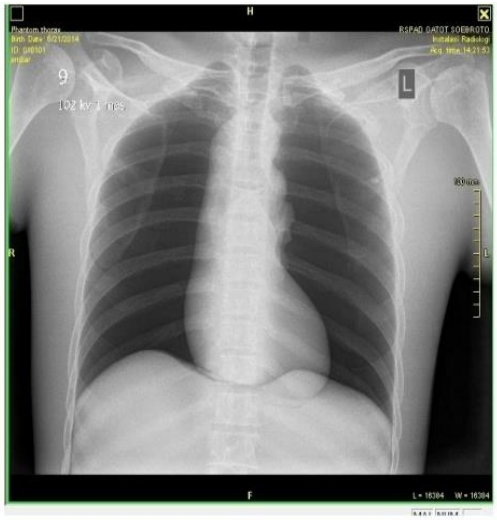
Gambar 3 Citra Radiografi Thorax PA kondisi eksposi 55 kV dan 8 mAs

Untuk evaluasi citra Gambar 3 diperoleh gambaran thorax terlihat simetris yang ditandai dengan posisi *processus spinosus* ditegah kedua *clavicula*. Gambaran paru-paru dan *mediastinu*m juga terlihat baik, begitu juga dengan gambaran tulang belakang, *scapula*, jantung, aorta, *trakhea*, serta kedua *sinus costoprenicus*, serta gambaran proksimal bronkhus dapat terlihat. Gambar 3 merupakan gambar yang memiliki nilai standar deviasi terendah dan nilai dosis yang relatif rendah.

Dari kedua gambar yaitu Gambar 2 dan Gambar 3 memiliki keuntungan dan kerugian dilihat dengan berdasarkan nilai dosis, *noise*, dan kriteria

gambarannya. Untuk nilai dosis terendah dimiliki oleh Gambar 2, untuk *noise* terendah, dosis optimum dan kriteria gambaran terbaik dimiliki oleh Gambar 3.

Namun untuk penggunaan teknik kV tinggi terjadi saat faktor eksposi yang digunakan yaitu 102 kV dan 1 mAs dengan nilai standar deviasi sebesar 5,645 ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 4 Citra Radiografi Thorax PA kondisi eksposi 102 kV dan 1 mAs

Evaluasi citra Gambar 4. di atas didapatkan gambaran thorax terlihat simetris yang ditandai dengan posisi *processus spinosus* ditegah kedua *clavicula*. Gambaran paru-paru dan *mediastinu*m juga terlihat baik, begitu juga dengan gambaran tulang belakang, *scapula*, jantung, aorta, *trakhea*, serta kedua *sinus costoprenicus*.

Dan,gambaran proksimal bronkhus tervisualisasi dengan jelas.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai piksel dapat digunakan untuk menentukan nilai *noise* dari suatu citra gambar digital. Nilai *noise* ini dipengaruhi oleh faktor eksposi yang digunakan. Referensi menyebutkan bahwa rekomendasi nilai lgM 1,8-2,5 untuk optimasi citra. Dan pada penelitian ini nilai lgM yang dihasilkan yaitu dalam rentang 1,75-2,53. untuk sepuluh kali ekspos

Dengan melihat hasil secara keseluruhan dari hasil penelitian ini, kondisi eksposi optimum pemeriksaan thorax PA (dinyatakan dengan nilai lgM) terjadi ketika penggunaan faktor eksposi 55 kV dan 8 mAs karena nilai lgM yang didapat yaitu 1,91, nilai standar deviasi 6,605 serta nilai ESD sebesar 0,098 mGy. Saat kondisi eksposi ini nilai ESD yang didapatkan lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai DRL untuk pemeriksaan thorax yaitu 0,4 mGy (10) sedangkan untuk kualitas citra pada kondisi inilah hasil pengukuran nilai standar deviasi yang didapatkan rendah. Untuk kriteria gambaran pada kondisi

cukup banyak yang terlihat sehingga dapat menampilkan gambaran dibutuhkan untuk mengakkan diagnosa.

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan diatas penelitian ini dilakukan karena untuk mencari citra radiografi terbaik yang dapat menampilkan gambaran organ-organ dengan jelas sehingga dapat membantu dalam menegakkan diagnosa dengan tepat tetapi tetap memperhatikan dosis yang diterima oleh pasien dengan tetap mengikuti perkembangan teknologi radiografi yang semakin canggih yaitu menggunakan *Computed Radiography* (CR). Pada prinsipnya pemeriksaan ditujukan agar pasien mendapatkan manfaat langsung sehingga pemberian dosis tidak dibatasi akan tetapi tetap memperhatikan keselamatan pasien. Jika dosis yang diberikan secara konsisten dibawah *Diagnostic Reference Level* (DRL) yang telah ditetapkan dan menjadi acuan, maka hal ini menandakan telah dilakukan

optimasi yang baik dalam memberikan jaminan keselamatan pasien.

SIMPULAN

Optimasi pada pemeriksan thorax PA terjadi pada ESD 0,098 mGy yaitu saat penggunaan kondisi eksposi 55 kV dan 8 mAs dengan nilai *noise* 6,605. Sedangkan untuk teknik kV tinggi menggunakan 102 kV, optimasi terjadi dengan nilai ESD 0,114 mGy. Nilai ESD yang didapatkan 0,098 mGy lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai DRL untuk pemeriksaan thorax yaitu 0,4 mGy. Penelitian ini menghasilkan rentang nilai lgM (log median) optimum 1,75-2,53 dan untuk teknik kV tinggi 2,53.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian dengan objek pasien sehingga hasil lebih akurat untuk diterapkan dalam keseharian.

.

DAFTAR PUSTAKA

1. Vosper M, Graham D, Cloke P. Principles and Applications of Radiological Physics. Philadelphia : Churchill Livingstone, 2014
2. Martin A, Harbison S, Beach K, Cole P. An Introduction to Radiation Protection. Boca Raton: CRC Press, 2012
3. International Commission on Radiological Protection The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP. 2007;37:1–332.
4. International Atomic Energy Agency. Technical Report Series No. 457 Dosimetry in Diagnostic

Radiology: an International Code of Practic. Austria:IAEA Vienna, 2007
5. Akhadi M.. Dasar-Dasar Proteksi Radiasi Edisi I. Jakarta: Rineka Cipta, 2000
6. Sherer MAS, Visconti PJ, Ritenour ER, Haynes KW. Radiation Protection in Medical Radiography. Philadelphia: Elsevier, 2014
7. Bushong, SC. *Radiologic science for technologist*. St. Louis: CV. Mosby Company, 2000
8. Oppelt A. Imaging Systems for Medical Diagnostics: Fundamentals, Technical Solutions and Aplications for System Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound. Siemen. Erlangen, 2005
9. Shepard SJ, Flynn M. Calibration of the Exposure Index. available at https://www.aapm.org/meetings/amos2/pdf/42-12066-57479-443.pdf
10. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. *Keputusan Kepala BAPETEN No.01-P/Ka-BAPETEN/I-03 Tentang Pedoman Dosis Pasien Radiodiagnostik.* Jakarta: Bapeten, 2003
11. ImageJ User Guide http://rsb.info.nih.gov/ij/
12. Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM. *The Essential Physics of Medical Imaging*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.