

Implementation of Compliance Testing Program on a Direct Digital Radiography (DDR) X-Ray System at the Radiography and Imaging Laboratory of the Health Polytechnic Ministry of Health Semarang

Penerapan Program Uji Kesesuaian Pada Peralatan Sinar-X Direct Digital Radiography (DDR) di Laboratorium Radiografi Dan Imejing Poltekkes Kemenkes Semarang

**Gatot M. Wibowo
Rasyid**

A. Haris Sulistiyadi

*Jurusan Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang
Jl. Tirta Agung, Pedalangan, Banyumanik, Semarang*

E-mail: gatot_murti@yahoo.com

Abstract

Technological evolution from conventional to digital in diagnostic imaging bring a change in the implementation of Quality Control (QC) of radiology. As a part of the Quality Assurance (QA), QC Radiology is implemented to determine the eligibility condition of the radiography equipment used for the radiological examinations. A Direct Digital Radiography (DDR) unit has been installed in Radiography Laboratory (Lab 3), School of Radiodiagnostic and Radiotherapy, the Health Polytechnic of Semarang since February 2013. However, routine performance tests of the equipment have never been performed. This study aimed to obtain baseline data by assessing the equipment parameters of the X-ray and the digital-DDR systems (illumination collimator; collimator accuracy; beam alignment; tube leakage; kVp accuracy; timer accuracy; mA linearity; reproducibility; HVL, and dark image; nonuniformity; noise; bad pixels; lag respectively). Accuracy and reproducibility of the DDR unit were measured following the procedure of Perka Bapeten No. 9-2011 (for X-ray System) and IEC 62220-1: 2003 (for digital system). Data were analyzed descriptively by QC-DR software. Results showed that X-rays system and digital system had overall good performance. Signal non-uniformity was found in the value of Local Signal to Noise Ratio (LSNRNU) and Global Signal to Noise Ratio (GSNRNU). Non-uniformity caused by the characteristics of the detector and the lack of correction in system performance. Signal correction software needed to be developed to reach signal uniformities. Spatial resolution and low contrast detectability testing also needed to be performed to ensure the ability of the DDR unit to produce image resolution and contrast picture of the object.

Key words: QA/QC radiology, DDR

Abstrak

Evolusi teknologi imaging diagnostic dari konvensional menuju digital turut membawa perubahan dalam pelaksanaan Quality Control (QC) radiologi. Sebagai bagian dari Quality Assurance (QA), QC Radiologi dilaksanakan untuk mengetahui kondisi kelayakan peralatan bila dipergunakan dalam pemeriksaan radiografi bagi pasien. Di Laboratorium radiografi dan imejing (lab 3) Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang, telah terpasang satu unit pesawat sinar-X Digital *Direct Radiography* pada bulan Februari 2013, akan tetapi belum pernah dilakukan uji kinerja sehingga baseline data terkait kinerja peralatan belum tersedia. Tujuan dari penelitian ini yakni untuk memperoleh baseline data kinerja sistem Sinar-X (meliputi iluminasi kolimator, akurasi kolimator, kesejajaran berkas sinar, kebocoran tabung, akurasi kVp, akurasi timer, linearitas mA, reproduksibilitas, dan HVL) serta sistem digital (meliputi dark image, nonuniformity, noise, bad pixel, dan lag). Akurasi dan reproduksibilitas pesawat DDR diukur sesuai prosedur Perka Bapeten No 9 tahun 2011

(Sistem sinar-X) dan IEC 62220-1: 2003 (sistem pencitraan digital). Data dianalisis secara deskriptif menggunakan software QC-DR. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pesawat sinar-X dan sistem digital secara umum memiliki kinerja yang baik. Ditemukan ketidaksesuaian kinerja pada sistem pencitraan digital yakni parameter ketidakseragaman sinyal (*non-uniformity signals*), pada nilai-nilai Local Signal to Noise Ratio (LSNRNU) dan Global Signal to Noise Ratio (GSNRNU). Ketidakseragaman tersebut diduga disebabkan karakteristik detektor dan kurang efektifnya sistem koreksi. Diperlukan pengembangan software untuk mengoreksi ketidakseragaman sinyal, serta pengujian *spatial resolution* dan *low contrast detectability* untuk memastikan kemampuan pesawat DDR menghasilkan resolusi citra dan gambaran contrast objek.

Kata kunci: QA/QC radiologi, pesawat DDR

1. Pendahuluan

Program Quality Control (QC) peralatan sinar-x radiodiagnostik adalah merupakan bagian dari *Program Quality Assurance (QA)*, yakni berupa aktivitas kegiatan pengukuran kinerja komponen signifikan peralatan sinar-x secara kuantitatif dan berkesinambungan sehingga dapat diketahui kondisi kelaikan peralatan untuk dapat dipergunakan dalam pemeriksaan radiografi bagi pasien (Permenkes RI No. 1250/2009). Menurut Papp (2006), dalam suatu program *Quality Control* yang berkaitan dengan peralatan Sinar-X di bidang Radiologi adalah dibedakan menjadi tiga tingkat pengujian yakni pengujian yang bersifat *non-invasive simple*, *non-invasive complex* dan *invasive complex*. Sedangkan uji kesesuaian yang dilakukan pada peralatan baru untuk menunjukkan bahwa pesawat sinar-X sesuai dengan spesifikasi dan kriteria pabrik dikenaldengan *routine performance evaluations*, biasanya pengujian tipe ini dilakukan enam bulan sekali atau setahun sekali dan *error correction test* yang dilakukan pada peralatan rusak pasca perbaikan.

Program uji kesesuaian adalah dikenal dengan pengertian uji kinerja peralatan Sinar-X yang dilaksanakan pada saat setelah peralatan dinyatakan telah terpasang. Tujuan dari tipe pengujian ini adalah tidak lain untuk mengetahui performa komponen signifikan peralatan Sinar-X berikut parameter fisiknya pasca pemasangan dan untuk mendapatkan data awal (*baseline*) dari sistem dimaksud. Untuk memenuhi tujuan tersebut dibutuhkan pengujian yang dilakukan menggunakan instrumentasi uji yang

benar dan terkaliberasi, prosedur yang tepat untuk memandu pengujian, dan pendokumentasian hasil dengan benar (Raymond, 1982).

Dewasa ini, pemakaian media perekam gambar konvensional sistem film/skrin di bidang Radiodiagnostik sudah mulai banyak ditinggalkan, pengguna alat sudah mulai menggantikan sistem tersebut dengan sistem pencitraan secara radiografi dengan sistem *Digital Radiography (DR)* karena banyak keuntungan dan kelebihan yang bisa didapatkan dari sistem berteknologi baru ini. Dalam sistem ini, gambar dapat diperoleh dan ditayangkan secara cepat (hanya dalam beberapa menit setelah pemeriksaan), dan citra tersebut dapat dihapus (jika kualitasnya buruk), atau bahkan citra tersebut dapat diperbaiki (jika ada kualitas citra yang dibutuhkan untuk ditingkatkan kualitasnya). Penggunaan dari modalitas DR ini dapat mencegah penyediaan sistem penyimpanan dokumen film yang terlalu besar dengan hanya mengganti sistem penyimpanan yang lebih praktis yakni dalam sebuah *compact disc (CD)*. Selain itu, penggunaan kamar gelap termasuk bahan-bahan kimia pengolah film sudah tidak lagi diperlukan, gambar dapat dicetak menggunakan media cetak ringkas (*portable*) sebagaimana yang biasa dipakai pada *personal computer (PC)*. Dengan demikian dapat diprediksi akan meningkatkan waktu layanan pemeriksaan maupun keselamatan lingkungan (Lyra, ME dkk, 2010).

Di lokasi Laboratorium radiografi dan imejing (lab 3) Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang, telah

terpasang satu unit pesawat sinar-X Digital *Direct Radiography* pada bulan Februari 2013. Meskipun sistem ini telah menjalani uji fungsi secara lokal, uji kinerja dengan cakupan uji yang lebih komprehensif mengacu pada metode standar uji penerimaan sebagaimana telah dipublikasikan secara Internasional (IEC-62220-1 cit. Nitrosi, 2009;) belum dilakukan. Dipakainya metode uji internasional ini sebagai acuan mengingat metode standar uji penerimaan untuk peralatan sinar-x DDR yang berlaku di Indonesia belum ada ketentuan yang jelas oleh badan regulasi nasional yang berwenang. Kondisi keberterimaan dari unit peralatan sinar-x DDR pada lab 3 tersebut baru diketahui dari aspek fungsinya saja. Kelayakan komponen signifikan yakni unit sistem Sinar-X (kolimasi dan tabung sinar-x, generator pembangkit sinar-x, kualitas pencitraan digital, dan dosis pasien), termasuk dokumen-dokumen tertulis pendukung kelayakan pengadaan lainnya secara lengkap belum pernah disesuaikan dengan metode standar uji penerimaan. Terkait dengan program uji performa alat (*routine performance test*) sebagai bagian dari program QA di laboratorium radiografi dan imejing, membutuhkan data dasar atau *baseline data* pembandingan yang seharusnya adalah data dari hasil uji kesesuaian yang pertama kali. Dengan demikian adalah sangat penting untuk menerapkan program uji kesesuaian di Institusi Politeknik Kesehatan Semarang yaitu dengan Survei uji kesesuaian terhadap kelayakan performa/kinerja sistem radiografi, dan sistem pencitraan digital.

Berkenaan dengan pentingnya kepemilikan *baseline data* bagi peralatan DDR sebagaimana dijelaskan di atas, diperlukan penerapan program uji kesesuaian pada peralatan sinar-x DDR tersebut secara komprehensif pada Peralatan Sinar-X *Direct Digital Radiography* (DDR) di Laboratorium Radiografi dan Imejing Poltekkes Kemenkes Semarang dengan harapan kelayakan

performa/kinerja sistem radiografi pesawat Sinar-X DDR yang mencakup komponen signifikan sinar-x (parametri kolimator dan tabung Sinar-X; generator pembangkit Sinar-X; dan dosis pasien), dan kelayakan performa/kinerja kualitas dari komponen signifikan sistem pencitraan digital (*Dark image; Nonuniformity; Noise; Defective pixels analysis; Spatial resolution; Low-contrast detectability; dan Lag*) mengacu pada protokol uji (IEC-62220-1 cit. Nitrosi, 2009;), dapat menggambarkan profil *baseline* performa pesawat sinar-X *Direct Radiography* merk *Medex* di laboratorium Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang.

2. Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, dan pendekatan survey menjadi bagian dalam riset eksploratif ini. Pengambilan data penelitian pada lokasi laboratorium radiografi dan imejing di Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Semarang. Obyek penelitian adalah pesawat Sinar-X *Digital Direct Radiography* (DDR) *Medex* beserta komponen sistemnya antara lain tabung sinar-x, kolimator, generator dan sistem pencitraan digital.

Uji kesesuaian performa/kinerja sistem radiografi pesawat Sinar-X DDR diterapkan guna mengukur parametri kolimator dan tabung Sinar-X; generator pembangkit Sinar-X; dan dosis pasien. Disamping kelayakan sistem sinar-x, kelayakan kinerja kualitas dari sistem pencitraan digital yang mencakup pengujian *Dark image; Nonuniformity; Noise; Defective pixels analysis; Spatial resolution; Low-contrast detectability; dan Lag* adalah juga merupakan komponen signifikan dari sistem yang turut di uji. Penelitian ini dikerjakan dari bulan Juli s.d. Nopember 2013.

Tindakan survey guna memperoleh data kuantitatif kinerja sistem peralatan sinar-x dari unit DDR

menerapkan metode pengukuran data berdasarkan Perka Bapeten No.9/2011, sementara itu untuk sistem peralatan pencitraan digital DDR yakni dengan menerapkan metode sebagaimana direkomendasikan dalam protokol IEC-62220-1 cit. Nitrosi, 2009.

Konfirmasi kesesuaian hasil uji kesesuaian untuk selanjutnya diolah dan dianalisis baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif. Deskripsi *baseline* dokumen tertulis dan fasilitas pendukung kesiapan lokasi pemasangan berdasarkan uji kesesuaian secara institusional dapat diperoleh merujuk kesesuaiannya dengan National Dosimetry Services of Health Canada cit. Périard, (1996); kesesuaian informasi hasil pengukuran profil *baseline* uji kesesuaian performa/kinerja sistem radiografi pesawat sinar-x DDR (parametri kolimator dan tabung sinar-x; generator pembangkit Sinar-X; dan dosis pasien) akan dirujuk mengacu pada rekomendasi Perka Bapeten No.9, 2011; dan kesesuaian informasi hasil pengukuran profil *baseline* kelayakan performa/kinerja kualitas dari sistem pencitraan digital (*Dark image; Nonuniformity; Noise; Defective pixels analysis; Spatial resolution; Low-contrast detectability; dan Lag*) adalah akan dilaksanakan berdasarkan pada protokol uji (IEC-62220-1 cit. Nitrosi, 2009) dengan dukungan *software QC_DR*

Alat dan bahan dalam penelitian ini dibedakan menjadi 2 jenis yakni kuisioner/ lembar *checklists* untuk pengumpulan data kualitatif, didukung lembar kerja (*worksheets*) dan dengan software aplikasi MS Excell untuk tabulasi dan pengolahannya. Khusus untuk survei pengukuran kinerja komponen signifikan sistem peralatan Sinar-X diperlukan peralatan ukur *non-invasive complex* yang lazim dipergunakan dalam pengujian kendali kualitas radiografi dan imejing (QC) didukung 1 laptop Dell dan software Ocean™, dan untuk pengukuran sistem pencitraan digital DDR akan didukung dengan 1 unit PC Lenovo dan *software QC_DR* dengan display monitor dengan tingkat resolusi memadai sesuai spesifikasi

medik.

Adapun alat-alat ukur untuk uji kesesuaian yang dimaksud antara lain: *Copper filters and aluminum filters; Calibrated multidetector and test stand (Piranha & Ocean™); Two metric-calibrated 30-cm steel rulers (distance accuracy); Low-contrast phantom (e.g., Leeds TO.12,94 UAB phantom,95 homemade); Small lead block, ~5 cm _ ~5 cm _ ~0.3 cm thick for erasure thoroughness test; Spacer blocks (4) of 5 cm _ 5 cm _ 20 cm height (to raise imaging cassettes off of floor); Lead apron or lead sheet, 35 _ 43 cm (to control backscatter); Timer (stop watch), measuring tape, flashlight, tape.*

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Pengujian kinerja sistem X-ray dilakukan dengan melakukan pengujian iluminasi lampu kolimator, kesesuaian lampu kolimator, kebocoran tabung, akurasi tegangan tabung, akurasi waktu eksposi, mA linearity, reproduksibilitas, dan Half Value Layer (HVL).

Hasil Pengujian Sistem X-ray

1) Hasil Pengujian Iluminasi Lampu Kolimator.

Pengujian iluminasi lampu kolimator dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya kolimator pada keempat kuadran.

Hasil pengujian iluminasi lampu kolimator menunjukkan bahwa intensitas cahaya pada keempat kuadran adalah lebih dari 100 Lux, dengan rata-rata 726,35 Lux. Hal tersebut menunjukkan iluminasi lampu kolimator masih memenuhi batas penerimaan sesuai dengan Perka Bapeten No 9 tahun 2011 yang menyatakan bahwa sebuah lampu kolimator dapat diterima jika hasil pengukuran lebih dari 100 Lux.

2) Hasil Pengujian Kesesuaian Kolimator

Pengujian kesesuaian kolimator dilakukan dengan membuka kolimasi seluas 24x30 cm dengan marker berada

diposisi dekat dengan pengujian pada FFD setinggi 123 cm dan teknik eksposi menggunakan 50 kVp dan 25 mAs. Hasil pengujian ditunjukkan dengan nilai perbedaan deviasi dimensi X dan Y dari shutter kolimator dimana ΔX dan $\Delta Y \leq 2\%$ FFD dan $|\Delta X| + |\Delta Y| \leq 3\%$ FFD.

Hasil pengujian kesesuaian kolimasi menunjukkan bahwa ΔX dan ΔY adalah 0,5 cm atau 0,4 % dari FFD. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kesesuaian kolimasi masih layak. Hal ini berdasarkan Perka Bapeten No 9 tahun 2011 yang menyatakan bahwa sebuah kolimator dikatakan masih layak jika ΔX dan $\Delta Y \leq 2\%$ FFD dan $|\Delta X| + |\Delta Y| \leq 3\%$ FFD. Dimana ΔX adalah jumlah dari $X_1 + X_2$ dan ΔY adalah jumlah dari $Y_1 + Y_2$.

3) Hasil Pengujian Beam Alignment

Pada pengujian beam alignment gambar radiograf uji beam alignment diketahui bahwa *central circular detail* masih di dalam *annulus detail*. Hal ini menunjukkan bahwa kesejajaran berkas sinar masih dapat diterima (TOR ABC user manual, 2011).

Untuk mengetahui derajat ketidaksesuaian, digunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1} \left[\frac{r (FFD - h - x)}{FFD (h+x)} \right] \\ &= \tan^{-1} \left[\frac{0,5 (141 - 5,7 - 20)}{141 (5,7+20)} \right] \\ &= \tan^{-1} 0,015909 \\ &= \tan^{-1} 0,911441667 \approx 0,9^\circ \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diketahui bahwa kesejajaran berkas sinar pesawat DDR merk Medex di laboratorium JTRR masih memenuhi criteria TOR ABC user manual, karena nilai θ hitung $\approx 0,9^\circ$ adalah lebih kecil rekomendasi sebesar $1,5^\circ$ a t a u $3,0^\circ$.

4) Hasil Pengujian Nilai Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X

Kebocoran radiasi tabung sinar-x dilakukan pengukuran pada jarak 1 meter pada area sebelah bawah, sisi anoda, sisi katoda dan di sisi depan.

Eksposi dilakukan dengan teknik eksposi 70 kV dan 20 mAs. Nilai kebocoran pada jarak 1 meter dari tabung sinar-X di sebelah bawah, sisi anoda, sisi katoda dan di sisi depan adalah 0 mGy/s. Hal tersebut menunjukkan bahwa kebocoran tabung masih memenuhi kriteria Perka Bapeten No 9 tahun 2011 yang menyatakan nilai kebocoran radiasi tabung sinar-X yang masih dapat ditoleransi yaitu 1 mGy/jam.

5) Hasil Pengujian Akurasi Tegangan Tabung

Pengujian tegangan tabung dilakukan pada eksposi mulai dari 50 kVp sampai 120 kVp dengan nilai arus tabung dan waktu yang tetap yaitu 10 mAs.

Dari hasil uji akurasi tegangan tabung diketahui bahwa perbedaan nilai keluaran dengan nilai yang tegangan yang diatur adalah kurang dari 10% (1,9 s.d. 4,8 %). Hal tersebut menunjukkan bahwa akurasi tegangan tabung masih memenuhi kriteria, sesuai dengan Perka Bapeten no 9 tahun 2011 yang menyatakan bahwa batas toleransi untuk akurasi tegangan yaitu $\pm 10\%$.

6) Hasil Pengujian Akurasi Waktu Eksposi

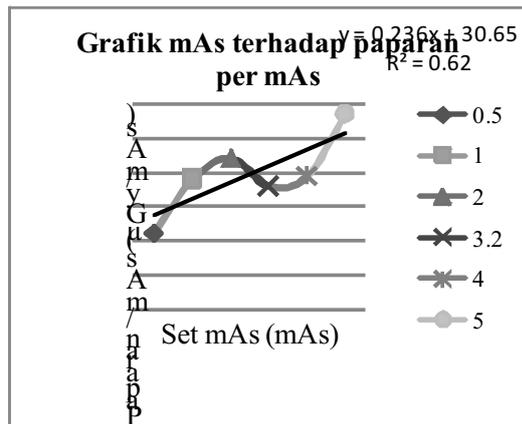
Pengujian waktu eksposi dilakukan pada teknik eksposi 80 kVp dengan nilai mS yang berbeda-beda.

Hasil uji akurasi waktu eksposi menunjukkan bahwa perbedaan waktu eksposi dengan waktu eksposi yang diatur adalah kurang dari 10% (0,3% s.d. 9,9%) Hal ini menunjukkan bahwa akurasi waktu eksposi masih memenuhi kriteria, sesuai dengan Perka Bapeten No 9 tahun 2011 yang menyatakan batas toleransi perbedaan yang diperkenankan adalah $\pm 10\%$.

7) Hasil Pengujian Output Radiasi (mAs Linearity)

Pengujian mAs linearity dilakukan dengan pengaturan faktor eksposi 80 kVp dengan nilai mAs yang berbeda-

Hasil perhitungan koefisien linearitas pada pengujian mAs linearity terhadap pesawat DDR di laboratorium JTRR Semarang sebesar 0,02 artinya pesawat DDR dapat diterima karena masih dalam batas toleransi sesuai dengan Perka Bapeten No 9 tahun 2011 yaitu kurang dari 0,1.



Gambar 1. Grafik hubungan antara kenaikan mAs dengan nilai paparan per mAs

Dari grafik di atas dapat dilihat hubungan antara kenaikan mAs dengan nilai paparan per mAs cenderung konstan. Nilai paparan per mAs tidak mengalami kenaikan maupun penurunan yang signifikan walaupun nilai mAs dinaikkan. Namun demikian idealnya ilai paparan radiasi adalah sebaiknya berbanding lurus dengan nilai mAs.

8) Hasil Pengujian Reproduksiabilitas

Pengujian reproduksiabilitas dilakukan terhadap besaran tegangan dan besaran waktu eksposi, untuk reproduksiabilitas kVp dilakukan dengan interval 10 tegangan mulai dari 40 kVp sampai 100 kVp pada mAs 10, masing-masing eksposi dilakukan sebanyak 3 kali dan dihitung nilai rata-ratanya.

Dari pengujian reproduksiabilitas, diketahui bahwa koefisien variasi pada kVp adalah < 0.05 dan waktu eksposi

adalah < 0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa reproduksiabilitas sinar-X masih memenuhi kriteria SA 1975: 2000, Health Departement of Western Australia dan NCRP Report No. 99.

9) Hasil Pengujian HVL

Pengujian HVL dilakukan dengan menambahkan filter aluminium hingga nilai intensitas menjadi setengahnya pada eksposi kV 80 dan mAs 25.

Diketahui bahwa nilai paparan radiasi sebelum dengan penambahan filter adalah 88,85 mR, dimana setengah dari intensitas tersebut adalah 44,43 mR. Untuk mendapatkan nilai HVL menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_0 e^{-\mu x} \\
 0,6318 &= 0,7792 \cdot e^{-\mu \cdot 1} \\
 0,8108 &= e^{-\mu} \\
 \ln 0,8108 &= e^{-\mu} \\
 -0,2097 &= -\mu \\
 \mu &= 0,2097
 \end{aligned}$$

dimana :

I_0 = intensitas mula-mula

I_x = intensitas setelah menembus perisai setebal x

μ = koefisien penyerapan absorbs

x = tebal perisai yang digunakan

RUMUS

Diketahui bahwa nilai HVL yang paling tepat yaitu menggunakan aluminium setebal 3,3 mm Al. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai HVL masih memenuhi kriteria Perka Bapeten No 9 tahun 2011, yang menyatakan bahwa kriteria HVL $\geq 2,3$ mmAl pada 80 kVp.

Hasil Pengujian Kinerja Sistem Digital

Pengujian dilakukan terhadap kinerja sistem digital pesawat DR, meliputi: *dark image*, *non uniformity*, *noise*, *bad pixels*, dan *lag*.

1) Dark image analysis

Pengujian *dark image* dilakukan dengan mengukur rata-rata sinyal pada pada area yang diekspos dalam lima region of interest (ROI) dengan ukuran minimal 200x200 piksel dengan memposisikan ROI pada pada pusat *detector* dan empat sektor lainnya (arah jam 12, arah jam 3, arah jam 6, dan arah jam 9). Analisis dilakukan dengan software QC_DR. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai mean dan deviasi standar untuk *dark image* pada area citra center: 2.190 ± 0.094 , I sector: 2.267 ± 0.171 ; II sector: 2.868 ± 0.191 ; III sector: 2.273 ± 0.177 ; IV sector: 2.264 ± 0.167 . dengan QC_DR otomatis ditetapkan kriteria penerimaan atau penolakan: selisih dengan standar tidak lebih dari 2%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih dengan standar tidak lebih dari 2%. Hal ini menjelaskan bahwa noise intrinsik masih memenuhi kriteria IEC No. 62220-1, yaitu $< 2\%$.

2) *Nonuniformity*

Pengujian *nonuniformity* dilakukan dengan melakukan eksposi untuk memperoleh citra full-field yang seragam dan mengukur rerata sinyal dan standar deviasi (SD) pada urutan ROI dengan ukuran 3x3 cm² yang saling tumpang tindih sebesar 1,5 cm, dengan mengabaikan tepi citra sekitar 3 cm. Analisis dilakukan dengan menghitung *local signal nonuniformity* (LSNU), *global signal nonuniformity* (GSNU), *local SNR nonuniformity* (LSNRNU), dan *global SNR nonuniformity* (GSNRNU). Analisis dilakukan dengan software QC_DR bahwa LSNU= 2.61092% diterima karena $< 4\%$ dan GSNU= 5.58076% diterima karena $< 8\%$; namun untuk LSNRNU=29.4680% tidak diterima karena $> 8\%$ dan untuk GSNRNU=88.9970% tidak diterima karena $> 20\%$.

Merujuk pada IEC 62220-1 hasil pengujian menunjukkan bahwa LSNU dan GSNU masih diterima karena LSNU $< 4\%$ dan GSNU $< 8\%$, sedangkan LSNRNU dan GSNRNU tidak memenuhi kriteria karena LSNRNU $> 8\%$ dan GSNRNU $> 20\%$.

3) *Noise Analyzisis*

Pengujian noise dilakukan dengan software QC_DR. Hasil pengujian ditunjukkan pada nilai-nilai parameter *poisson component*, *multiplicative component* dan *additive component*.

Hasil pengujian terhadap noise menunjukkan bahwa nilai ke tiga komponen noise adalah 0. Karena nilai noise nya = 0 atau tidak terdeteksi noise citra maka uji noise menunjukkan performa yang baik.

4) *Bad Pixels Analyzisis*

Pengujian terhadap bad pixels dilakukan dengan memberikan eksposi pada seluruh area detektor dengan dosis mendekati level eksposi normal. Citra dibagi ke dalam ROI berukuran 1x1 cm. Nilai total defective detector elements ditentukan dengan mengukur nilai absolut pada ROI yang memiliki SD lebih dari 20% dari mean pixel value. Pengujian bad pixels dilakukan dengan software QC_DR dan hasilnya menunjukkan bahwa jumlah bad pixel adalah 0.

5) *Lag Analyzisis*

Pengujian terhadap lag dilakukan dengan software QC_DR. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai additive lag dan multiple lag adalah berniali sama yakni 0. Hasil pengujian terhadap lag menunjukkan bahwa nilai 0 masih memenuhi kriteria IEC No. 62220-1, yaitu $< 0,5$.

Pengujian terhadap *spatial resolution* dan *low contrast detectability* tidak dapat dilakukan karena ketiadaan alat.

Pembahasan

Pengujian Sistem Sinar-X dilakukan meliputi uji iluminasi lampu kolimator, kesesuaian lampu kolimator, kebocoran tabung, akurasi tegangan tabung, akurasi waktu eksposi, mA linearity, reproduksibilitas, dan Half Value Layer (HVL). Hasil-hasil pengujian masih memenuhi ketentuan Perka Bapeten No 9 tahun 2011, sehingga kineja sistem Sinar-X Pesawat DDR merk Medex di

Laboratorium JTRR dapat dinyatakan memiliki kinerja baik. Hal tersebut dapat dipahami, karena Pesawat DDR merk Medex di Laboratorium JTRR baru dipasang dan telah menjalani uji fungsi setelah proses pemasangan. Kondisi tersebut dapat dipertahankan dengan pelaksanaan sistem Kendali Mutu yang baik. Pengujian dilakukan terhadap kinerja sistem digital pesawat DDR merk Medex di Laboratorium JTRR Poltekkes Kemenkes Semarang yang meliputi uji *dark image, non uniformity, noise, bad pixels*, dan *lag*. Secara umum, hasil pengujian masih memenuhi kriteria IEC No. 62220-1, 2003, sehingga dapat dikatakan bahwa pesawat tersebut masih memiliki kinerja yang baik. Ketidaksesuaian ditemukan pada hasil uji *nonuniformity*. Dari empat aspek yang diuji, dua aspek dinyatakan tidak memenuhi kriteria IEC No. 62220-1, yaitu LSNRNU (Local Signal to Noise Ratio Nonuniformity) dan GSNRNU (Global Signal to Noise Ratio Nonuniformity). Nilai LSNRNU > 8% dan GSNRNU > 20%. Grafik yang diperoleh dari hasil pengolahan data oleh Software QC_DR menunjukkan bahwa *nonuniformity* terjadi pada area tepi ujung diagonal dari citra. *Flatness* dari intensitas signal secara menyeluruh tidak terjadi, meskipun pada areal pertengahan cukup menunjukkan kondisi *uniformity*-nya. Ketidakteraturan ini dapat disebabkan beberapa faktor, antara lain ketidakteraturan berkas sinar, disain struktural susunan TFT's detector dan atau karakteristik detector dalam mendeteksi sinar-x. Mengingat sistem Sinar-X telah terverifikasi kelayakannya, keadaan *nonuniformity detector* ini dimungkinkan oleh karakteristiknya.

Karakteristik detektor dalam mendeteksi sinar-X atau disebut sebagai *Quantum Detective Eficiency (DQE)* seharusnya seragam pada semua area permukaan detektor, akan tetapi pada pesawat DDR Medex di JTRR diduga tidak seragam pada area tepi. Hal ini, menyebabkan respon detektor dalam meng-capture sinyal tidak seimbang

homogen (flat) pada area perifer dibandingkan area tengah. Kondisi *nonuniformity* ini dapat mempengaruhi distribusi resolusi spasial pada citra (AAPM, 2001; IEC,2003). Pada gilirannya, *nonuniformity* ini dapat menurunkan kualitas citra, karena respon sinyal yang dihasilkan pada area pusat dengan area tepi tidak homogen. Dalam aplikasi klinik, *nonuniformity* ini dapat berpengaruh pada ekspertise penegakkan diagnosa dengan DDR. Namun demikian, sebagaimana studi yang pernah dilakukan oleh Nitrosi dkk (2009), kondisi ketidakteraturan sinyal sebagai respon dari detector adalah karakteristik dari sistem DDR. Sebagai konsekuensi, diperlukan langkah koreksi untuk mengurangi artefak dan meningkatkan tampilan citra. Semua pabrikan menyarankan untuk melakukan warm-up secara periodik.

Koreksi ketidakteraturan sinyal ini sangat diperlukan dan apabila tidak dilakukan dengan hati-hati akan menimbulkan degradasi citra. Pada pesawat DDR merk Medex di Laboratorium JTRR, system terkoreksi dimungkinkan belum cukup optimal atau tidak berfungsi secara efektif. Walaupun sudah dilakukan warm-up secara rutin sebelum pesawat digunakan, masih ditemukan *nonuniformity* signal.

Diperlukan upaya perhitungan koreksi yang tepat agar supaya uniformitas sinyal tercapai dan LSNRNU maupun GSNRNU dapat terkoreksi. Salah satu upaya tersebut adalah dengan merancang software koreksi.

Pengujian terhadap *low contrast detectability* tidak dapat dilakukan karena ketiadaan alat. Untuk melakukan pengujian ini diperlukan *Phantom low contrast*. Pengujian ini sebenarnya penting dilakukan untuk mengetahui kemampuan pesawat dalam mendemonstrasikan *low contrast object*.

4. Simpulan dan Saran

Simpulan

Hasil pengujian terhadap kinerja sistem Sinar-X (iluminasi kolimator, akurasi

kolimator, kesejajaran berkas sinar, kebocoran tabung, akurasi kVp, akurasi timer, linearitas mA, reproduksibilitas, dan HVL) serta pengujian sistem digital (*dark image, nonuniformity, noise, bad pixel, dan lag*) menunjukkan bahwa pesawat DDR merk MEDEX di laboratorium JTRR Poltekkes Kemenkes Semarang memiliki kinerja baik. Ketidaksesuaian kinerja ditemukan pada nonuniformity, yaitu adanya ketidakseragaman nilai LSNRNU dan GSNRNU.

Saran

Perlu diusulkan penelitian lanjutan, yaitu pembuatan software koreksi untuk mengompensasi ketidakseragaman sinyal pada pesawat DDR merk Medex di Laboratorium JTRR.

Perlu dipertimbangkan pengadaan peralatan uji *spatial resolution* dan *low contrast detectability*.

5. Ucapan Terimakasih

Ucapan banyak terimakasih disampaikan atas kesempatan yang diberikan untuk mendapatkan Dana Risbinakes DIPA Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

6. Daftar Pustaka

AAPM REPORT NO. 93. 2006. Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems, American Association of Physicists in Medicine

Acceptance Testing and QC of Digital Radiography Unit diakses tanggal 20 Mei 2013. pada www.aapm.org/meetings/amos2/pdf/34-8066-51682-59.pdf

International Electrotechnical Commission. 2003. Medical

electrical equipment: characteristics of digital x-ray imaging devices—part 1: determination of the detective quantum efficiency. Document no. 62220-1. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission.

- Lyra ME. 2010. Presentation of Digital Radiographic Systems and the Quality Control Procedures that Currently followed by Various Organizations Worldwide, Recent Patents on Medical6 Imaging, 2, 5-21
- Nitrosi A. 2009. Application of QC_DR Software for Acceptance Testing and Routine Quality Control of Direct Digital Radiography Systems: Initial Experiences using the Italian Association of Physicist in Medicine Quality Control Protocol, Journal of Digital Imaging, Vol 22, No 6: pp 656Y66
- Papp J. 2006. Quality management in the imaging science, Mosby, st. Louis
- Périard and Chaloner. 1996. Diagnostic X-Ray Imaging Quality Assurance: An Overview, X-Ray Section, Consumer And Clinical Radiation Hazards Division Radiation Protection Bureau, Canada (diakses: 20 Mei 2013)
- Perka Bapeten No.9. 2011. Uji kesesuaian peralatan sinar-x diagnostik dan intervensional radiologi, Bapeten
- Nitrosi, A. Dkk. 2009. "Application of QC_DR Software for Acceptance Testing and Routine Quality Control of Direct Digital Radiography Systems: Initial Experiences using the Italian Association of Physicist in Medicine Quality Control Protocol", Journal of Digital Imaging 22(6):656-666.