

## Uji Kesesuaian Pesawat *CT – Scan 64 Slice* Merek *Philips* di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas Padang Menggunakan Detektor *Unfors Raysafe X<sub>2</sub>*

Khairunnisak<sup>1,\*</sup>, Dian Milvita<sup>1</sup>, Kri Yudi Pati Sandy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika Universitas Andalas

<sup>2</sup>PTKMR BATAN Jakarta

e-mail : \*khairunisa38@gmail.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan uji kesesuaian pesawat *CT-Scan 64 slice* merek *Philips* menggunakan detektor *unfors raysafe X<sub>2</sub>* di Instalansi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas. Jenis pengujian yang dilakukan diantaranya, uji akurasi tegangan, uji linieritas keluaran radiasi, uji indeks dosis *CT (CTDI)*, uji posisi meja pemeriksaan dan uji kesesuaian laser penanda. Hasil yang didapatkan yaitu akurasi tegangan memiliki rata-rata % *error* sebesar 0,86%; linieritas keluaran radiasi memiliki *CL (Coefficient of Linearity)* sebesar 0,010; indeks dosis *CT (CTDI)* dengan rata-rata *CTDI<sub>100</sub>* sebesar 15,0536;  $\Delta z$  posisi meja pemeriksaan sebesar 0; uji laser penanda  $\Delta_{\text{laser}} \leq$  tebal *slice* minimum yaitu 0,5 mm. Pesawat *CT-Scan 64 slice* merek *Philips* dalam kondisi andal menurut Peraturan BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011.

Kata kunci : pesawat *CT-Scan*, uji kesesuaian, *unfors raysafe x<sub>2</sub>*

### ABSTRACT

*The compliance test on the Philips 64 slice CT-Scan by using unfors raysafe X<sub>2</sub> detector at Radiology Unit Andalas University Hospital has been conducted. The testing type performed included voltage accuracy test, linearity of the output radiation test, CT dose index test (CTDI), examination table position and laser maker suitability test. The result show that voltage acuration have an average error of 0.86%; linearity of radiation output have value of CL (Coefficient of Linearity) equal to 0.010; CT dose index (CTDI) have CTDI<sub>100</sub> average of 15.0536;  $\Delta z$  of examination table position obtained is 0; laser marker uniformity  $\Delta_{\text{laser}} \leq$  minimum slice thickness of 0.5 mm. CT-Scan 64 slice Philips brand in a reliable condition and according to the Head of BAPETEN regulation No. 9 year 2011.*

*Keywords: CT-Scan, conformance test, unfors raysafe x<sub>2</sub>*

## I. PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi sinar-X dalam bidang kesehatan adalah pemanfaatan *CT-Scan* untuk diagnosis penyakit. *CT-Scan* digunakan karena lebih canggih dalam mendiagnosis serta memonitor beragam kondisi kesehatan, hemat waktu dan kualitas gambar yang dihasilkan lebih jelas dibandingkan dengan pesawat sinar-X radiografi umum, sehingga hasil diagnosis penyakit pasien lebih akurat. Namun paparan radiasi sinar-X pada pemeriksaan *CT-Scan* juga memiliki efek negatif bagi manusia dan lingkungan jika digunakan dalam dosis radiasi yang berlebihan. Untuk menghindari penerimaan dosis radiasi yang berlebihan pada saat melakukan scanning maka pesawat *CT-Scan* tersebut perlu dilakukan uji kesesuaian.

Uji kesesuaian adalah uji untuk memastikan pesawat sinar-X dalam kondisi andal, baik untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional dan memenuhi peraturan perundang-undangan. Uji kesesuaian dilakukan agar tidak menimbulkan kerugian pada pasien, radiografer dan lingkungan dalam penerimaan dosis radiasi. Uji kesesuaian pesawat sinar-X untuk radiologi diagnostik dan intervensional diatur berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional.

Penelitian mengenai pengaruh diameter fantom dan tebal slice terhadap nilai *CTDI* pada pemeriksaan pesawat *CT-Scan* merek *Philips brilliance 6* telah dilakukan oleh Aprilyanti dkk.(2013) di Instalasi Radiologi RSUP Dr.M.Djamil Padang. Penelitian ini menggunakan detektor *pencil ion chamber* pada *unfors xi set* untuk pengukuran dosis radiasi di dalam bagian fantom. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai *CTDI* fantom lebih kecil dari nilai *CTDI* berdasarkan SK-BAPETEN No.01-P/Ka-BAPETEN/I-03 dan nilai *CTDI* pada fantom lebih besar dari nilai *CTDI* pada pasien, tetapi keduanya masih berada di bawah nilai batas dosis yang direkomendasikan oleh BAPETEN.

Penelitian mengenai faktor fantom dan estimasi dosis efektif dari hasil pengukuran *computed tomography dose index (CTDI)* telah dilakukan oleh Manzil (2011) di Instalansi Radiologi Griya Puspa Rumah Sakit Persahabatan (RSP) Jakarta Timur. Penelitian ini menggunakan pesawat *CT-Scan Siemens Somatom Sensation 64* dan dosimeter *Unfors Xi* dengan melakukan uji kualitas citra pesawat *CT-Scan Siemens Somatom Sensation 64*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pesawat *CT-Scan Siemens Somatom Sensation 64* milik Instalansi Radiologi Griya Puspa Rumah Sakit Persahabatan (RSP) Jakarta Timur dalam keadaan baik.

Penelitian mengenai uji kesesuaian *CT number* pada pesawat *CT-Scan multi slice* di unit Radiologi Rumah Sakit Islam Yogyakarta PDHI telah dilakukan oleh Mas'ud dan Sutanto (2014). Penelitian ini menggunakan pesawat *CT-Scan* dengan merk *GE Healthcare* jenis *Hi Speed Dual CT Scanner* dan menggunakan *water phantom* diameter 26,5 cm dan tebal 9 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil bacaan *CT number* pada pesawat *CT-Scan multi slice* di Unit Radiologi Rumah Sakit Islam Yogyakarta PDHI masih memenuhi syarat yang direkomendasikan PERKA BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 tentang jaminan kualitas QA atau QC pesawat *CT-Scan*.

Penelitian mengenai uji kesesuaian pesawat *CT-Scan* merek *Philips Briliance 6* telah dilakukan oleh Chirsnia dkk. (2013) di Instalasi Radiologi RSUP Dr. M. Djamil Padang. Penelitian ini menggunakan detektor *Unfors Xi Set*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pesawat *CT-Scan tersebut* dalam kondisi andal dengan perbaikan.

Pada penelitian ini dilakukan uji kesesuaian terhadap pesawat *CT-Scan 64 slice* merek *Philips* pada Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas Padang. Uji kesesuaian ini sangat penting dilakukan, selain mematuhi peraturan yang telah diatur oleh pemerintah, pesawat *CT-Scan* milik rumah sakit tersebut masih baru dan adanya pemindahan alat dari lokasi satu ke lokasi lain dikhawatirkan mengalami pengurangan fungsi kerja alat sehingga perlu dilakukan uji kesesuaian untuk memastikan pesawat *CT-Scan* tersebut dalam kondisi layak digunakan. Pengujian pesawat *CT-Scan* mengacu pada Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional. Pengukuran yang dilakukan meliputi : akurasi tegangan, linieritas keluaran radiasi, indeks dosis *CT (CTDI)*, posisi meja pemeriksaan, kesesuaian laser penanda dan kualitas citra, detektor yang digunakan pada penelitian ini adalah *Unfors Raysafe X<sub>2</sub> set*. Kelebihan detektor ini dibandingkan dengan detektor detektor lain yaitu sangat sensitif terhadap radiasi, mudah dipindahkan dan mudah digunakan.

## II. METODE

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pesawat *CT-Scan 64 slice* merek *philips* sebagai objek uji kesesuaian, detektor *unfors-xi set* yang terdiri dari detektor *pencil ion chamber* untuk mengukur dosis *CTDI*, detektor *kV* untuk mengukur tegangan pesawat *CT-Scan* dan *unfors kV* untuk menampilkan nilai yang terukur pada detektor, fantom *PMMA (polymethylmethacrylate)* sebagai pengganti pasien.

### 2.1 Uji Kesesuaian Akurasi Tegangan

Uji kesesuaian akurasi tegangan dilakukan melalui tahapan sebagai berikut : persiapan alat dan pengaturan parameter sesuai standar protokol uji, detektor *kV* diletakkan pada pusat *gantry CT-Scan* menggunakan laser penanda, tegangan divariasikan 80 kV, 100 kV, 120 kV, 140 kV, dan error data dihitung menggunakan Persamaan (1)

$$error = \left| \frac{kV_{p,set} - kV_{p,ukur}}{kV_{p,set}} \right| 100\% \quad (1)$$

### 2.2 Uji Kesesuaian Linieritas Keluaran Radiasi

Uji kesesuaian linieritas keluaran radiasi dilakukan melalui tahapan berikut: detektor *kV* di posisikan pada pusat *gantry CT-Scan* menggunakan laser penanda, *scanning* dilakukan

dengan tegangan 120 kVp dan rentang (50-250) mAs, nilai dosis radiasi yang terbaca pada *unfors display* diplot pada grafik linier dengan fungsi arus waktu. Nilai lolos uji linieritas keluaran radiasi dinyatakan dengan *Coefisient of Linearity*, *Coefisient of Linearity* dihitung menggunakan Persamaan (2)

$$CL = \left| \frac{\left(\frac{mGy}{mAs}\right)_{\max} - \left(\frac{mGy}{mAs}\right)_{\min}}{\left(\frac{mGy}{mAs}\right)_{\max} + \left(\frac{mGy}{mAs}\right)_{\min}} \right| \quad (2)$$

### 2.3 Uji Kesesuaian Indeks Dosis CT (CTDI)

Uji kesesuaian indeks dosis CT (CTDI) melalui tahapan berikut: fantom PMMA diletakkan pada holder kepala pasien dan diletakkan di tengah-tengah gantry, pencil ion chamber diletakkan pada pusat fantom. Nilai indeks dosis dihitung menggunakan Persamaan (3) dan nilai lolos uji untuk indeks dosis CT (CTDI) tidak boleh melebihi nilai CTDI baseline pabrikan.

$$CTDI_{100} = \frac{k \times E \times L}{N \times T} \quad (3)$$

### 2.4 Uji Kesesuaian Posisi Meja Pemeriksaan

Uji kesesuaian posisi meja pemeriksaan melalui tahapan sebagai berikut: meteran di tempatkan pada penyangga meja pemeriksaan dan diberi tanda pada meja tersebut, penanda pada meja pemeriksaan tersebut diatur ke posisi nol pada meteran dan dicatat bacaan pada konsol pesawat CT-Scan, meja pemeriksaan digerakkan melalui konsol pesawat CT-Scan dan dibandingkan jarak yang ditempuh oleh meja antara skala meteran dengan bacaan konsol pesawat CT-Scan.

### 2.5 Uji Kesesuaian Laser Penanda

Uji kesesuaian laser penanda melalui tahapan sebagai berikut : fantom CT-Scan di posisikan pada pusat gantry dan laser penanda pada CT-Scan dinyalakan, scanning dilakukan dan dilakukan pengamatan hasil citra melalui data DICOM yang dihitung menggunakan software philips DICOM viewer, nilai lolos uji laser penanda  $\Delta_{\text{laser}} \leq$  tebal slice minimum.

## III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil uji kesesuaian dibandingkan dengan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011. Berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 Pasal 30 yang menyatakan 3 kondisi pesawat CT-Scan setelah dilakukan uji kesesuaian yaitu: kondisi pesawat CT-Scan dinyatakan andal apabila memenuhi nilai lolos uji dari seluruh parameter uji kesesuaian yang dilakukan, kondisi pesawat CT-Scan dinyatakan andal dalam perbaikan apabila sebagian memenuhi nilai lolos uji dari parameter uji kesesuaian tetapi tidak memenuhi nilai lolos uji pada parameter yang lainnya, kondisi pesawat CT-Scan dinyatakan tidak andal apabila tidak memenuhi nilai lolos uji dari seluruh parameter uji kesesuaian.

### 3.1 Uji Kesesuaian Akurasi Tegangan

Hasil pengujian akurasi tegangan pesawat CT-Scan diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil pengujian menunjukkan nilai error % pada masing-masing tegangan pesawat CT-Scan. Nilai tegangan yang terbaca pada alat ukur detektor kV, tidak jauh berbeda dengan nilai tegangan yang diatur pada konsol pesawat CT-Scan. Pada kenyataannya keadaan ideal sangat sulit dicapai karena ketika pesawat CT-Scan melakukan scanning terjadi pengurangan efisiensi kerja. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kerja pesawat CT-Scan salah satunya adalah kestabilan listrik yang digunakan pada saat pengambilan data. Hal ini menyebabkan pesawat CT-Scan bekerja tidak optimal. Nilai lolos uji yang masih

diperkenankan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 untuk nilai error tegangan adalah  $\leq 6\%$ . Berdasarkan data yang diperoleh bahwa seluruh tegangan pesawat *CT-Scan* berada pada nilai lolos uji yang telah ditetapkan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, yaitu  $e \leq 6\%$ .

**Tabel 1** Data hasil uji akurasi tegangan

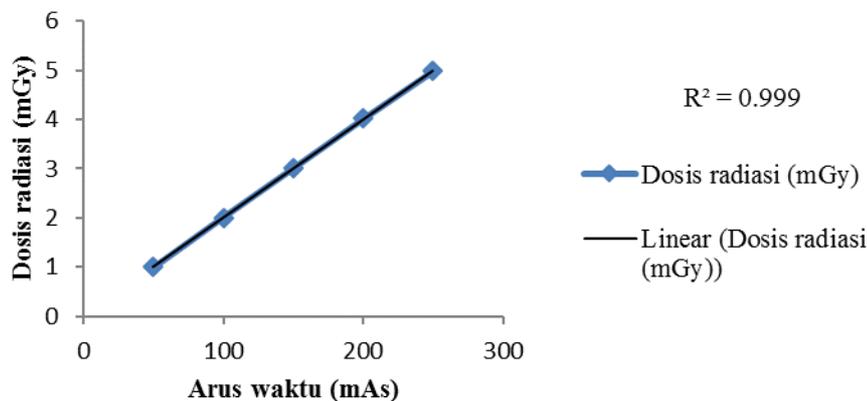
No	kVp <sub>setting</sub> (kV)	kVp <sub>terukur</sub> (kV)	Error (%)
1	80	79,80	0,25%
2	100	100,40	0,4%
3	120	118,80	1,00%
4	140	137,50	1,79%
Nilai lolos uji			<i>Error e</i> $\leq 6\%$

### 3.2 Uji Kesesuaian Linieritas Keluaran Radiasi

Pada penelitian uji linearitas keluaran radiasi pesawat *CT-Scan* diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 2. Pada hasil pengujian terdapat variasi arus yang dialirkan pada pesawat *CT-Scan* yaitu 50 mAs, 100 mAs, 150 mAs, 200 mAs dan 250 mAs, sedangkan untuk tegangan diatur tetap pada 120 kV dalam waktu 1 sekon. Hal ini dilakukan untuk mengamati kelinieran keluaran radiasi pada saat arus yang berubah-ubah. Nilai lolos uji yang masih diperkenankan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 untuk nilai *CL* (*Coefisient of Linearity*) adalah  $\leq 0,1$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *CL* (*Coefisient of Linearity*) yang diperoleh pada saat penelitian adalah 0,010. Berdasarkan hasil uji tersebut data yang diperoleh telah memenuhi nilai lolos uji yang telah ditetapkan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011.

**Tabel 2** Data hasil uji linearitas keluaran radiasi

No	Dosis radiasi (mGy)	mAS <sub>set</sub> (mAs)	(mGy/mAs)	CL
1	1,003	50	0,02006	0,010
2	2,002	100	0,02002	
3	3,005	150	0,02003	
4	4,015	200	0,02007	
5	4,979	250	0,01991	
Nilai lolos uji				<i>CL</i> $\leq 0,1$



**Gambar 1** Linieritas keluaran radiasi

Nilai linieritas keluaran radiasi pesawat *CT-Scan* dinyatakan dengan nilai  $R^2$  pada grafik Gambar 1. Nilai  $R^2$  menyatakan koefisien korelasi yang terbentuk dari linieritas hubungan dosis radiasi dan arus waktu pada pesawat *CT-Scan*. Nilai  $R^2$  yang diperoleh dibandingkan dengan nilai lolos uji *Coefisient of Linearity* yang diperkenankan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011. Untuk uji linieritas keluaran radiasi diketahui bahwa

nilai yang diperkenankan yaitu  $CL \leq 0,1$  sedangkan nilai  $R^2$  yang diperoleh yaitu 0,999. Berdasarkan hasil uji tersebut diketahui bahwa nilai dosis radiasi linear terhadap arus yang diberikan pada pesawat *CT-Scan*, sehingga data yang diperoleh bahwa pesawat *CT-Scan* tersebut berada pada nilai lolos uji yang telah ditetapkan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, yaitu  $CL \leq 0,1$ .

### 3.3 Uji Kesesuaian Indeks Dosis CT (CTDI)

Uji kesesuaian dosis radiasi pasien menggunakan fantom diameter 16 cm mewakili organ kepala orang dewasa diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil pengujian menunjukkan nilai  $CTDI_{100}$  (mGy/100mAs) menggunakan fantom diameter 16 cm yang mewakili organ kepala orang dewasa. Nilai lolos uji berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 untuk  $CTDI_{100}$  (mGy/100mAs) tidak boleh melebihi  $CTDI_{100}$  (mGy/100mAs) baseline pabrikan, yaitu 15,886. Berdasarkan data yang diperoleh pada penelitian bahwa nilai  $CTDI_{100}$  (mGy/100mAs) pada pengukuran sesuai dengan nilai  $CTDI_{100}$  (mGy/100mAs) *baseline* pabrikan, sehingga data yang diperoleh pada penelitian telah memenuhi nilai lolos uji yang ditetapkan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, yaitu nilai lolos uji  $CTDI_{100}$  (mGy/100mAs) baseline pabrikan.

**Tabel 3** Data hasil uji kesesuaian dosis radiasi pasien menggunakan fantom diameter 16 cm

Posisi detektor	Dosis (mGy)	$CTDI_{100}$ (mGy)	$CTDI_{100}$ (mGy/mAs)	$CTDI_{100}$ (mGy/100mAs)
Tengah	4,964 5,008	49,860	0,142	14,246
Tepi 1 (jam 12)	5,668 5,492	55,800	0,159	15,943
Tepi 2 (jam 3)	5,18 5,192	51,860	0,148	14,817
Tepi 3 (jam 6)	5,1 5,138	51,190	0,146	14,626
Tepi 4 (jam 9)	5,574 5,371	54,725	0,156	15,636
Nilai lolos uji $CTDI_{100}$ (mGy/100mAs)				15,886

### 3.4 Uji Kesesuaian Posisi Meja Pemeriksaan

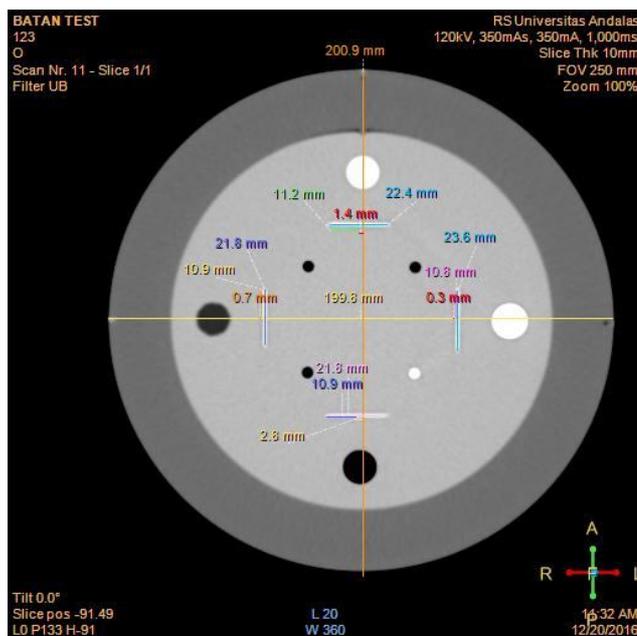
Setelah dilakukan pengujian terhadap meja pemeriksaan pesawat *CT-Scan*, data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4. Penelitian uji kesesuaian posisi meja pemeriksaan pesawat *CT-Scan* bertujuan untuk melihat kecocokan pergeseran posisi meja pemeriksaan antara pengaturan melalui konsol pesawat *CT-Scan* dengan pergeseran sebenarnya. Pada saat penelitian uji kesesuaian posisi meja pemeriksaan dilakukan pengujian tanpa menggunakan massa dan diberi massa yang ditempatkan pada meja tersebut sebesar 70 kg. Idealnya besar massa tidak mempengaruhi keadaan meja, karena meja akan tetap pada posisinya saat diberi massa ataupun tidak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih antara posisi meja ketika digerakkan melalui konsol dengan yang terukur menggunakan meteran adalah nol untuk tiga kali pengulangan, artinya tidak ada pergeseran yang berlebih ataupun berkurang.

**Tabel 4** Data hasil uji kesesuaian posisi meja pemeriksaan tanpa menggunakan massa dan menggunakan massa sebesar 70 kg

No.	Massa (kg)	Pergerakan	Terukur pada mistar (mm)	Terukur di indikator gantry (mm)	Deviasi ( $\Delta z$ )
1	0	Maju/mundur	10	10	0
	70				
2	0	Maju/mundur	50	50	0
	70				
3	0	Maju/mundur	100	100	0
	70				

### 3.5 Uji Kesesuaian Laser Penanda

Berdasarkan penelitian uji laser penanda pesawat *CT-Scan* diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 5. Posisi pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 2. Penelitian mengenai uji laser penanda pesawat *CT-Scan* bertujuan untuk menandai posisi organ yang akan diberi pemeriksaan *CT-Scan*. Berdasarkan PERKA BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 nilai lolos uji untuk laser penanda pesawat *CT-Scan*  $\Delta_{\text{Laser}} \leq$  tebal *slice* minimum yaitu 0,5 mm. Nilai pergeseran laser yang diperoleh pada penelitian ini yaitu  $\leq 0,5$  mm. Maka nilai yang diperoleh pada saat penelitian telah memenuhi PERKA BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011.



Gambar 2. Pengukuran uji laser penanda

Tabel 5 Data hasil uji laser penanda

Posisi	Panjang penyimpangan citra [ $\Delta_{\text{Laser}}$ (mm)]
Horizontal	0,1
Vertikal	0,5
Nilai lolos uji $\Delta_{\text{Laser}} \leq$ tebal <i>slice</i> minimum	0,5 mm

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian uji kesesuaian pesawat *CT-Scan* merek *Philips* dengan enam parameter uji berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu pesawat *CT-Scan* merek *Philips* milik Rumah Sakit Universitas Andalas Padang yang menjadi objek pada penelitian secara umum berada dalam kondisi baik. Hasil yang didapatkan berada di bawah nilai lolos uji yang diperbolehkan oleh Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar nilai dosis radiasi yang diterima, begitu juga sebaliknya., dan nilai *CTDI* yang diterima fantom pada arah jam 12 lebih besar dari pada arah yang lain. Hal ini disebabkan pada saat scanning dimulai pergerakan gantry diawali dari jarum jam 12 sehingga radiasi yang dipancarkan terlebih dahulu diterima pada posisi jam 12. Selain itu pergerakan gantry juga diakhiri pada jam 12 sehingga dosis yang diterima fantom dua kali lebih banyak dari pada arah yang lain.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aprilyanti, D, D., Milvita, D., Prasetyo, H., dan Yuliati, H., 2013, Pengaruh diameter phantom dan tebal slice terhadap nilai CTDI pada pemeriksaan CT-Scan, Jurnal Fisika Unand (JFU), Vol.2, No.2, Jur. Fisika Unand, Hal 81-87.
- BAPETEN, 2011., *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 9 Tahun 2011* Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional.
- Chirsnia, I., Milvita, D., Prasetyo, H., dan Yuliati, H., 2013, Uji Kesesuaian Pesawat CT-Scan Merek Philips Briliance 6 dengan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, Jurnal Fisika Unand (JFU), Vol.2, No.2, Jur. Fisika Unand, Hal 120-127.
- Manzil, E, 2011, Estimasi Dosis Efektif dari Hasil Pengukuran Computed Tomography Dose Index (CTDI), skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Mas'uul, A.R., Sutanto, H., 2014, Uji Kesesuaian CT Number Pada Pesawat CT-Scan Multi Slice di Unit Radiologi Rumah Sakit Islam Yogyakarta PDHI, Youngster Physics Journal, Vol.3, No.4, Jur.Fisika Universitas Diponegoro, Hal 335-340.