

## Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi

Ujang Wiharja<sup>1\*</sup>, Abdul Kodir Al Bahar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Elektro, Universitas Krisnadwipayana, Jl. Kampus UNKRIS  
Jatiwaringin

\*Corresponding Author : ujangwiharja@unkris.ac.id

### Abstrak

Dalam rangka melakukan pemenuhan terhadap persyaratan standar yang sesuai, maka perlu dilakukan uji kesesuaian terhadap pesawat sinar-X yang digunakan untuk paparan medik. Hal tersebut sesuai dengan peraturan pemerintah No. 33 Tahun 2007 tentang “Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif”.

Akurasi tegangan tabung pesawat sinar-X tersebut memiliki penyimpangan terbesar pada titik 70 kV sebesar 2,47 % sedangkan nilai lolos uji yaitu <10 % berarti akurasi tegangan pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik .

Akurasi waktu penyinaran pesawat sinar-X tersebut memiliki penyimpangan terbesar pada titik 100 ms sebesar 1 % sedangkan nilai lolos uji yaitu <10 % berarti akurasi waktu penyinaran pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik .

Pengujian kualitas berkas sinar-X (HVL) memiliki nilai sebesar 2,639 mmAl pada tegangan 70 kV sedangkan nilai lolos uji yaitu  $\geq 2,1$  mmAl dan pada tegangan 80 kV memiliki nilai sebesar 3,068 mmAl sedangkan nilai lolos uji yaitu  $\geq 2,3$  mmAl . Hal ini menandakan bahwa pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik.

Pengujian kebocoran tabung dilakukan sebanyak lima sisi yaitu kiri , kanan , depan , belakang dan atas . Dengan mengukur disemua titik tersebut terdapat nilai rata-rata yaitu 0,0245 mGy/jam sedangkan nilai lolos uji yang diijinkan yaitu  $\leq 1$  mGy/jam . Hal ini menandakan bahwa pesawat sinar-X tersebut masih dalam batas aman.

**Kata Kunci :** Uji Kesesuaian, Pesawat Sinar-X, Keamanan Radiasi, Batas Toleransi

### Abstract

*In order to fulfill compliance with the appropriate standard requirements, it is necessary to conduct a compliance test on X-ray aircraft used for medical exposure. This is in accordance with government regulation No. 33 of 2007 concerning "Safety of Ionizing Radiation and Security of Radioactive Sources".*

*The voltage accuracy of the X-ray aircraft tube has the largest deviation at the point of 70 kV of 2.47% while the test pass value is <10% means that the accuracy of the X-ray aircraft voltage is of good quality.*

*The accuracy of the irradiation time of the X-ray aircraft has the largest deviation at the 100 ms point of 1% while the test escape value is <10%, which means that the accuracy of the radiation time of the X-ray aircraft is of good quality.*

*X-ray beam quality testing (HVL) has a value of 2.639 mmAl at a voltage of 70 kV while the test pass value of  $\geq 2.1$  mmAl and at a voltage of 80 kV has a value of 3.068 mmAl while the test pass value is  $\geq 2.3$  mmAl. This indicates that the X-ray aircraft are of good quality. Tube leak testing is done in five sides, namely left, right, front, back and up. By measuring at all of these points there is an average value of 0.0245 mGy / hour while the value of the allowable test is  $\leq 1$  mGy / hour. This indicates that the X-ray aircraft is still within safe limits.*

**Keywords :** Test of suitability, X-ray aircraft, radiation safety, tolerance limit

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pesawat sinar-X adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-X. Sinar yang dipancarkan dari tabung diarahkan pada bagian tubuh yang akan didiagnosa. Berkas sinar-X tersebut akan menembus bagian tubuh dan akan ditangkap oleh film, sehingga akan terbentuk gambar dari bagian tubuh yang disinari. Sebelum pengoperasian pesawat sinar-X perlu dilakukan setting parameter untuk mendapatkan sinar-X yang dikehendaki. Parameter-parameter tersebut adalah tegangan (kV), arus tabung (mA) dan waktu paparan (s). Tegangan tabung pada pesawat sinar-X merupakan salah satu faktor yang dapat dikontrol untuk mengurangi radiasi hambur dan mengurangi dosis yang digunakan dalam radiodiagnostik. Peningkatan nilai tegangan tabung pesawat sinar-X yang digunakan harus diimbangi dengan penurunan nilai arus tabung pembangkit sinar-X dan waktu penyinaran sehingga diperoleh intensitas radiasi yang menghasilkan densitas bayangan yang cukup. Penentuan kontras pada tegangan tabung pesawat sinar-X dilakukan dengan cara pengukuran dosimetrik yang diterapkan secara langsung dalam suatu pengaturan eksperimental.

Arus tabung dan waktu penyinaran merupakan faktor yang saling terikat dalam menentukan intensitas sinar-X yang dipancarkan ke tubuh pasien yang akan ditangkap oleh film sehingga akan terbentuk gambaran organ yang diperiksa.

Penelitian ini akan dilakukan uji akurasi tegangan tinggi alat *Rontgen Radiography Umum* untuk mengetahui nilai penyimpangan tegangan tabung (kVp) masih dalam batas toleransi yang ditetapkan dalam PERKA BAPETEN No 9 Tahun 2011. Metode yang dilakukan adalah dengan mengukur tegangan keluaran tabung menggunakan detektor Piranha 657 dan mengukur jarak antara tabung X-Ray ke detektor dengan acuan pada PERKA BAPETEN No. 9 Tahun 2011. Hasil pengujian kemudian dianalisa sehingga didapatkan kesimpulan performa dari alat tersebut apakah masih dalam kondisi baik atau tidak. Selain itu juga penulis akan melakukan analisis keselamatan kerja radiasi pesawat sinar-X dimana tujuan untuk mengetahui dosis radiasi dihasilkan oleh pesawat sinar-X terhadap pekerja radiasi dan masyarakat sekitar, dengan

membandingkan antara perhitungan tebal penahan radiasi secara teoritis terhadap tebal penahan radiasi di Unit Radiologi dan pengukuran dosis radiasi pada daerah pekerja radiasi dan masyarakat sekitar.

Kenaikan arus tabung perwaktu (mAs) akan diikuti dengan banyaknya jumlah elektron yang dihasilkan dan mempengaruhi banyaknya foton sinar-X yang dihasilkan atau dengan kata lain mAs berhubungan dengan kuantitas atau intensitas sinar-X yang dihasilkan. Kuantitas sinar-X akan mempengaruhi densitas (derajat kehitaman) gambaran pada film yang dihasilkan. Semakin tinggi mA yang digunakan, maka akan semakin tinggi pula densitas yang dihasilkan.

Hasil penelitian diharapkan bahwa hasil dari pengukuran keluaran beberapa pesawat sinar-X dapat sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (PERKA BAPETEN) Nomor 15 Tahun 2015 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional dan PERKA BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik.

### 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam bentuk pertanyaan yaanyaitu :

1. Berapakah keluaran Tegangan (KV) pada pesawat sinar-X ?
2. Berapakah linieritas output / arus (mA) pada pesawat sinar-X ?
3. Berapakah linieritas waktu (sec) pada pesawat sinar-X ?
4. Berapakah reproduksibilitas keluaran radiasi pada pesawat sinar-X ?
5. Memastikan kualitas berkas (HVL) sinar x dan kecukupan filtrasi.
6. Memastikan tidak terjadinya kebocoran pada wadah tabung pesawat sinar x.

## TEORI DASAR

### 2.1 Pengertian Sinar-X

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, cahaya tampak (*visible light*) dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek yaitu hanya 1/10.000 panjang gelombang cahaya yang kelihatan. Karena panjang gelombangnya yang pendek, maka sinar-X dapat menembus bahan yang tidak tertembus sinar yang terlihat [M. Akhadi, 2001].

## 2.2 Rumus Perhitungan Parameter

### Akurasi Tegangan

- Hitung nilai error setiap data dengan rumus:

$$\text{Error} = \frac{Kv_{p.sett} - Kv_{p.ukur}}{Kv_{p.sett}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan

$Kv_{p.sett}$  = Tegangan pada panel kendali

$Kv_{p.ukur}$  = Tegangan yang terbaca pada  $Kv_{p}$  meter

- Error yang diperoleh pada setiap perhitungan error  $kVp$  dibandingkan dan diambil nilai error yang maksimum.
- Batas lolos uji:  $e \leq 10\%$

### Akurasi Waktu Penyinaran

- Hitung nilai error setiap data dengan rumus:

$$\text{error} = \frac{t_{set} - t_{ukur}}{t_{set}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dengan  $t_{set}$  = waktu eksposi pada panel kendali

$t_{ukur}$  = waktu eksposi pada alat ukur

- Error yang diperoleh pada setiap perhitungan error waktu eksposi dibandingkan dan diambil nilai error yang maksimum.
- Batas lolos uji:  $e \leq 10\%$

### Linearitas

- Dosis hasil pengukuran dalam  $\mu Gy/mAs$
- Jika menggunakan Variasi mA, gunakan :  
 $\mu Gy/mAs = \frac{\mu Gy}{(mA \cdot s)} \dots\dots\dots(3)$
- Tentukan  $(\mu Gy/mAs)_{max}$  dan  $(\mu Gy/mAs)_{min}$
- Hitung koefisien linearitas ,

$$CL = \frac{\left( \frac{\mu Gy}{mAs} \right)_{max} - \left( \frac{\mu Gy}{mAs} \right)_{min}}{\left( \frac{\mu Gy}{mAs} \right)_{max} + \left( \frac{\mu Gy}{mAs} \right)_{min}} \dots\dots\dots(4)$$

- Atau dengan software pengolah data (calculator, excel) hitung nilai  $(\mu Gy/mAs)$ , plot data antara list mA atau mAs dengan  $(\mu Gy/mAs)$ , kemudian buat grafik garis lurus (linear) dan hitung/tampilkan koefisien linearitas (CL).
- Nilai R adalah koefisien linearitas (CL).

### Reproduksibilitas

Hitung nilai standar deviasi

$$\text{Keluaran radiasi} := \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\mu Gy_i - \mu Gy)^2}{n-1}} \dots\dots(5)$$

Dengan n adalah banyaknya pengukuran,  $\mu Gy$  adalah  $\mu Gy$  rata-rata.

$$\text{Waktu eksposi} := \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ms_i - ms)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(6)$$

Dengan n adalah banyaknya pengukuran, ms adalah ms rata-rata.

$$\text{Tegangan puncak} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (kVp_i - kVp)^2}{n-1}} \dots\dots(7)$$

Dengan  $kVp$  adalah  $kVp$  rata-rata.

### Kualitas Berkas (HVL)

- menggunakan alat ukur HVL.
  - Nilai HVL = nilai HVL yang terbaca pada alat ukur.
  - menggunakan alat ukur HVL dan tidak ada pengaturan untuk 80 kVp
  - Plot  $kVp$ -terukur versus HVL terukur;
  - Menggunakan kalkulator atau excel (pengolah data) buat grafik garis lurus.
  - Tentukan persamaan linieritas.
  - Hitung HVL pada 80 kVp.
- menggunakan dosimeter
  - Plot paparan radiasi yang terukur versus ketebalan filter yang digunakan.
  - Menggunakan kalkulator atau excel (pengolah data) buat grafik garis lurus.
  - Nilai HVL adalah nilai ketebalan filter pada titik tengah (separo) dari paparan radiasi yang terukur.
  - Atau dapat juga menggunakan rumus.

$$HVL = \frac{t_1 \ln(2D_2/D_0) - t_2 \ln(2D_1/D_0)}{\ln(D_2/D_1)} \dots\dots\dots(8)$$

$D_0$  = dosis yang terukur tanpa filter

$D_1$  = dosis yang lebih kecil dari  $\frac{1}{2} D_0$

$D_2$  = dosis yang lebih besar dari  $\frac{1}{2} D_0$

$t_1$  = ketebalan aluminium pada  $D_1$

$t_2$  = ketebalan aluminium pada  $D_2$

- Nilai Lolos Uji  $HVL \geq 2.1 \text{ mmAl}$  pada 70 kVp

### Informasi Dosis Pasien

Nilai dosis yang terukur dikalikan dengan BSF apabila menggunakan detektor solid state.

$$K_e = K_i \times BSF \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

$K_e$  = ESAK (*Entrance Surface Air Kerma*) (mGy)

Keterangan: di Perka 8 dan 9 menggunakan istilah ESD (*Entrance Surface Dose*)

$K_i$  = *Incident air kerma* = dosis yang terukur (mGy)

BSF = *Back scatter factor* = 1,35

Pengukuran dosis dengan menggunakan ion chamber tanpa dikalikan dengan BSF. ESAK dibandingkan dengan tingkat paparan medik, untuk abdomen = 10 mGy; thorax = 0,4 mGy.

**Kebocoran Tabung**

- Perhitungan kebocoran:

$$Leakage (L) = X \cdot \left(\frac{kV_{max}}{kV_{set}}\right)^2 \cdot \frac{mA_{cont}}{mA_{set}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam} \dots(10)$$

Dimana:

$X$  = laju dosis terukur (μGy/jam)

$kV_{max}$  = kVp maksimum mesin (kV)

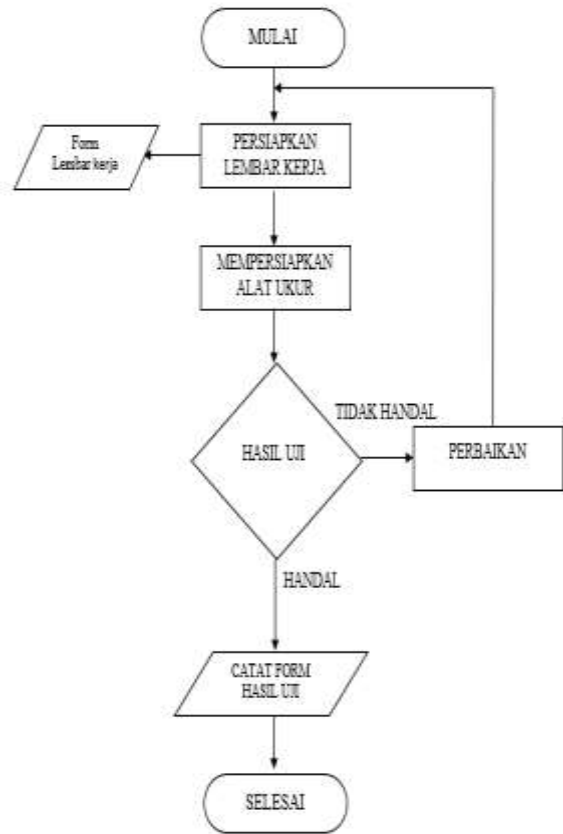
$kV_{set}$  = kVp saat eksposi dilakukan (kV)

$mA_{cont}$  = Arus kontinu alat (mA).

$mA_{set}$  = Pengaturan mA saat eksposi dilakukan (mA).

- Nilai lolos uji:  $L \leq 1$  mGy/jam

**METODE PENELITIAN**



**1. Identitas Alat**

- Nama Alat : X-Ray Radiografi
- Merk : Wonsolution
- Tipe : WSR-40
- No Seri : WA17G26020
- Merk Tabung : TOSHIBA
- Tipe Tabung : E7239
- No Seri Tabung : 7G0292

**2. Kondisi Lingkungan**

- Suhu : 25,4° C
- Kelembaban : 55 % RH

**3. Peralatan Uji**

1. X-Ray Multimeter Merk RTI Tipe Piranha 657 No Seri : CB2-15080273
2. Survey Meter Merk Pehamed Tipe CD GAM 1 No Seri : 0183
3. Electronic Personal Dosemeter Merk Polimaster Tipe PM 1610 No Seri : 147926
4. Digital Waterpass Merk Digipas Tipe DWL 200 No Seri : -

5. Meteran Merk Lokal Tipe Lokal No Seri : -
6. Thermohygrometer Merk Dekko Tipe 642 No Seri : 13004734

**HASIL PENELITIAN**

**1. Akurasi Tegangan**

Tabel 1. Hasil Uji Akurasi Tegangan

No	kVp-set	kVp-ukur	error (%)	Nilai lolos uji	mGy	mGy/mAs	Grafik Output vs kVp
1	50	49,65	0,70	e max = 10%	0,337	0,017	
2	60	59,59	0,68		0,533	0,027	
3	70	68,27	2,47		0,702	0,035	
4	80	81,46	1,82		0,910	0,046	
5	90	90,51	0,57		1,160	0,058	
6	100	100,74	0,74		1,283	0,064	
7							
8							

Contoh Perhitungan

$$error = \frac{kVp\ set - kVp\ ukur}{kVp\ set} \times 100\ %$$

$$error = \frac{70 - 68,27}{70} \times 100\ % = 2,47\ %$$

**2. Akurasi Waktu Penyinaran**

Uji akurasi waktu penyinaran bertujuan untuk melihat kesesuaian antara setting waktu eksposi pada panel kontrol dengan waktu eksposi yang terbaca pada alat ukur.

Tabel 2. hasil uji akurasi waktu penyinaran

No	ms-set	ms-ukur	error (%)	Nilai lolos uji	mGy	mGy/mAs	Grafik Output vs ms
1	50	49,56	0,89	e max = 10%	0,351	0,0351	
2	100	99,00	1,00		0,704	0,0352	
3	200	198,55	0,72		1,415	0,0354	
4	400	397,11	0,72		2,852	0,0357	
5	800	794,55	0,68		5,605	0,0350	

Contoh Perhitungan

$$error = \frac{ms\ set - ms\ ukur}{ms\ set} \times 100\ %$$

$$error = \frac{100 - 99}{100} \times 100\ % = 1\ %$$

**3. Uji Linearitas**

Uji linearitas bertujuan untuk menguji konsistensi kenaikan nilai keluaran radiasi (mGy/mAs) pada variasi mA atau mAs.

Tabel3. hasil uji linearitas

No	mA	kVp-ukur	mGy	mGy/mAs	CL	Nilai lolos uji	Grafik Output vs mA
1	150	69,43	0,533	0,0355	0,047	CL ≤ 0,1	
2	200	68,14	0,707	0,0354			
3	300	71,45	1,054	0,0351			
4	350	71,55	1,162	0,0332			
5	400	71,02	1,294	0,0324			

Contoh Perhitungan

$$mGy/mAs = \frac{mGy}{mA \cdot s}$$

mGy / mAs Min

$$mGy/mAs = \frac{1,294}{400 \times 0,1} = 0,0323\ mGy/mAs$$

mGy / mAs Max

$$mGy/mAs = \frac{0,533}{150 \times 0,1} = 0,0355\ mGy/mAs$$

Maka Koefisien Linearitas (CL)

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

$$CL = \left| \frac{0,0355 - 0,0323}{0,0355 + 0,0323} \right| = 0,047$$

**4. Uji Reproduksiabilitas**

Uji reproduksiabilitas bertujuan untuk:

- Reproduksiabilitas keluaran radiasi: memeriksa konsistensi keluaran radiasi pada beberapa eksposi dalam pengaturan generator yang tetap.
- Reproduksiabilitas tegangan: memeriksa konsistensi tegangan (kVp) pada beberapa eksposi dalam pengaturan tegangan yang tetap.
- Reproduksiabilitas waktu penyinaran: memeriksa konsistensi waktu eksposi pada pengaturan generator yang tetap.

Tabel 4. Hasil uji reproduksibilitas

kVp-set	70		mA	200	SID (cm)	100
fokus	besar		s-set	0,1		
	No.	KV	s	mGy		
	1	68,27	0,099	0,702		
	2	68,31	0,099	0,705		
	3	68,11	0,099	0,702		
	4	68,01	0,099	0,703		
	5	68,19	0,099	0,705		
	Rerata	68,18	0,099	0,7034		
	Std	0,1213	0,000	0,0015		
	CV	0,0018	0,000	0,0022		
Nilai lolos uji	CV ≤ 0,05					

Contoh Perhitungan

$$\text{Keluaran Radiasi CV} = \frac{SD}{\overline{mGy}} = \frac{0,0015}{0,7034} = 0,0022$$

$$\text{Waktu Eksposi CV} = \frac{SD}{\overline{ms}} = \frac{0,000}{0,099} = 0$$

$$\text{Tegangan Puncak CV} = \frac{SD}{\overline{kVp}} = \frac{0,1213}{68,18} = 0,0018$$

5. Uji Kualitas Berkas (HVL)

Uji kulit berkas (HVL) bertujuan untuk menilai kualitas berkas sinar-X dan kecukupan filtrasi untuk menyaring radiasi sinar-X energi rendah.

Tabel 5. Hasil uji kualitas berkas (HVL)

No	Setting		Filter tambahan (mm Al)	Hasil ukur (mm Al)	Nilai lolos uji (mm Al)
	kV	mAs			
1	70		0		≥ 2,1
2	80		(dilepas)		≥ 2,3
1	70	20	...	2,639	≥ 2,1
2	80			(permanen)	3,068

6. Uji Informasi Dosis Pasien

Uji informasi dosis pasien bertujuan untuk memperkirakan dosis permukaan kulit di udara yang diterima pasien pada kondisi normal yang dipakai.

Tabel 6. Hasil uji informasi dosis pasien

Objek	kVp-uji	mAs-uji	jarak fokus-detektor (cm)	Hasil ukur Kerma (mGy)	BSF	ESD (mGy)	Acuan IAEA ESD (mGy)
1 Thorax PA	57	4	80	0,216	1,35	0,2916	0,4
2 Abdomen AP	74	16	75	1,128	1,35	1,5228	10

Contoh Perhitungan

Mode Clinis Thorax PA

$$Ke = Ki \times BSF$$

$$Ke = 0,216 \times 1,35 = 0,2916 \text{ mGy}$$

Mode Clinis Abdomen AP

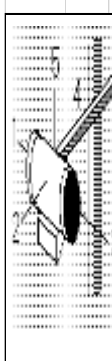
$$Ke = Ki \times BSF$$

$$Ke = 1,128 \times 1,35 = 1,5228 \text{ mGy}$$

7. Uji Kebocoran Tabung

Pengujian kebocoran wadah tabung bertujuan untuk mengetahui posisi dan nilai kebocoran wadah tabung.

Tabel 7. Hasil uji kebocoran tabung

mA kontinu	<input type="checkbox"/>	terbaca				
	Kondisi		Posisi	Hasil ukur (µSv/jam)	Terkoreksi (mGy/jam)	Nilai lolos uji (mGy/jam)
	kVp set	90	Kanan	201,823	0,0245	≤ 1
	kVp max	125	Depan	226,493		
	mA set	100	Kiri	222,586		
	s	0,5	Atas	70,66		
mA kontinu	5,6	Belakang	24,447			

Contoh Perhitungan

$$\text{Leakage (L)} = X \cdot \left(\frac{kVmax}{kVset}\right)^2 \cdot \frac{mAcont}{MAset} \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$$

$$\text{Leakage (L)} = 222,586 \cdot \left(\frac{125}{90}\right)^2 \cdot \frac{5,6}{100} \cdot \frac{1}{1000} \left(\frac{mGy}{jam}\right)$$

$$= 0,024 \text{ mGy/jam}$$

## 8. Resume Hasil Uji

Tabel 8. Resume hasil uji

NO	Parameter Uji Kesesuaian	Hasil Uji	Nilai Lolos Uji	Keterangan
<b>A. Generator dan Tabung Sinar-x</b>				
1	Akurasi Tegangan %	2,47	e max ≤ 10 %	BAPETEN
2	Akurasi Waktu	1	e max ≤ 10 %	BAPETEN
3	Linieritas Keuaran Radiasi	0,0469	CL ≤ 10 %	BAPETEN
4	Reproduksibilitas			
a.	Keuaran Radiasi Output	0,00203987	CV ≤ 0,05	BAPETEN
b.	Tegangan Puncak kVp	0,001783218	CV ≤ 0,05	BAPETEN
c.	Waktu Penyinaran ms	0	CV ≤ 0,05	BAPETEN
5	Kualitas Berkas Sinar-X	2,639	HVL ≥ 2,1 mmAL pada 70 kV	BAPETEN
6	Kelebaran Wadah Tabung	0,0245	1 ≤ mGy/jam	BAPETEN
<b>B. Dosis Pasien</b>				
1	Abdomen AP	1,52	10 ≤ mGy	Guide Level IAEA
2	Torax PA	0,29	0,4 ≤ mGy	Guide Level IAEA

## SIMPULAN

1. Akurasi tegangan tabung pesawat sinar-X tersebut memiliki penyimpangan terbesar pada titik 70 kV sebesar 2,47 % sedangkan nilai lolos uji yaitu <10 % berarti akurasi tegangan pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik .
2. Akurasi waktu penyinaran pesawat sinar-X tersebut memiliki penyimpangan terbesar pada titik 100 ms sebesar 1 % sedangkan nilai lolos uji yaitu <10 % berarti akurasi waktu penyinaran pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik .
3. Koefisien linieritas yang diperoleh berdasarkan uji keluaran (output) radiasi sebesar 0,047 sedangkan nilai CL yang diperkenankan yaitu ≤ 0,1 . Hal ini menandakan bahwa pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik .
4. Nilai hitung-hitung Coefisien of Variation (CV) yang diperoleh Coefisien of Variation tegangan (kVp) = 0,0018 , Coefisien of Variation waktu (s) = 0,000 , Coefisien of Variation paparan radiasi (mGy) = 0,0022 , sedangkan nilai Coefisien of Variation (CV) yang diperkenankan ialah ≤ 0,05 . Hal ini menandakan bahwa pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik .
5. Pengujian kualitas berkas sinar-X (HVL) memiliki nilai sebesar 2,639 mmAl pada tegangan 70 kV sedangkan nilai lolos uji

yaitu ≥ 2,1 mmAl dan pada tegangan 80 kV memiliki nilai sebesar 3,068 mmAl sedangkan nilai lolos uji yaitu ≥ 2,3 mmAl . Hal ini menandakan bahwa pesawat sinar-X tersebut memiliki kualitas yang baik.

6. Pengujian informasi dosis pasien dilakukan dengan metode foto thorax dan abdomen mendapatkan nilai dosis thorax sebesar 0,29 mGy dan abdomen sebesar 1,52 mGy . Sedangkan nilai lolos uji menurut IAEA untuk thorax ≤ 0,4 mGy dan untuk abdomen ≤ 10 mGy. Hal ini menandakan bahwa nilai dosis yang diterima oleh pasien masih di bawah nilai yang di tentukan IAEA.
7. Pengujian kebocoran tabung dilakukan sebanyak lima sisi yaitu kiri , kanan , depan , belakang dan atas . Dengan mengukur disemua titik tersebut terdapat nilai rata-rata yaitu 0,0245 mGy/jam sedangkan nilai lolos uji yang diijinkan yaitu ≤ 1 mGy/jam . Hal ini menandakan bahwa pesawat sinar-X tersebut masih dalam batas aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif Jauhari,2008 “Berkas Sinar –X dan Pembentukan Gambar”. Puskaradim, Jakarta.
- BAPETEN. 2008. Petugas Proteksi Radiasi Radiodiagnostik. Jakarta
- BAPETEN. 2008. Peraturan perundang-undangan ketenaganukliran bidang fasilitas radiasi dan zat radioaktif. Jakarta
- Dwi Suseno, K.S,2008 “Workshop Tentang Batas Toleransi Pengukuran Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-x “ Fisika Universitas Indonesia.
- Kreane.KS.1992 “Fisika Modern” Penerbitan Unifersitas Indonesia1992
- M. AKHADI,2001 “Napak Tilas 106 Perjalanan Sinar-x” Batan.
- Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011 , 2011, Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional , Jakarta.
- Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing , Program Requirements , Radiological Council Of Western Australia , 2006

Dianostic X-ray Equipment Compliance Testing  
, Workbook 1 ,2006, General  
Radiography , Radiological Council Of  
Western Australia.

TRS 457 : Dosimetry In Diagnostic Radiology :  
An International Code Of Paractice  
Safety Guide No. RS-G-1.5 : IAEA Safety  
Standards Series : Radiological Protection  
for Medical Exposure to Ionizing  
Radiation