

## RESPON PHOTOSTIMULABLE PHOSPHOR (PSP) PADA COMPUTED RADIOGRAPHY TERHADAP AKURASI TEGANGAN TABUNG DAN LINIERITAS KELUARAN PESAWAT SINAR-X

Dwi Adhianto, Heri Sutanto, dan Zaenal Arifin

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail : adhiantodwi@gmail.com

### ABSTRACT

The research has been done to analyze Photostimulable Phosphor (PSP) in Computed Radiography (CR) responses related to exposure factor variation which usually used in determining of tube voltage accuracy and output linearity of X-ray machine. The aim of this research is to analyze of linear response of PSP to variation of exposure factor that related to usage of tube voltage in kVp and tube current-exposure time (mAs).

The Method which used was exposing CR with an ascent of tube voltage 50 till 90 kVp with a constant tube current-exposure time in 0,5 till 16 mAs. Exposure Index, Deviation Index, and Indicated Equivalent Air Kerma ( $K_{IND}$ ) referred to IEC standard 62494-1 at each expose and mean gray value of digital image were used as PSP responses. Those are related to kVp and mAs variation. The result was obtained that photostimulable phosphor response in Exposure Index and Deviation Index parameters had correlation coefficient  $>0.97$  in logarithmic relation at all exposure factor variation. Parameter of Indicated Equivalent Air Kerma ( $K_{IND}$ ) referred to IEC standard 62494-1 had linier relation with  $>0.97$  amount of correlation coefficient. Linearity coefficient was obtained 0.005-0.061 using IEC standard/mAs. Mean gray value had correlation coefficient  $>0.94$  in logarithmic relation at using of steady tube voltage with the result that could be indicator of output linearity of X-ray machine. The result was obtained that mean gray value could be a tube voltage accuracy indicator at using of 0.5 till 8 mAs with correlation coefficient  $>0.83$  amount.

**Keywords :** computed radiography, exposure indicator, mean gray value, output linearity, tube voltage accuracy

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis respon Photostimulable Phosphor (PSP) pada Computed Radiography (CR) terhadap variasi faktor eksposi yang digunakan dalam penentuan akurasi tegangan tabung dan linieritas keluaran pesawat sinar-X. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis respon linier photostimulable phosphor terhadap variasi faktor eksposi yang dihubungkan dengan tegangan tabung (kVp) dan arus tabung-waktu penyinaran (mAs) yang digunakan.

Metode yang digunakan dengan melakukan penyinaran pada variasi tegangan tabung mulai 50 sampai 90 kVp pada arus tabung-waktu penyinaran tetap 0,5 sampai 16 mAs. Exposure Index, Deviation Index, dan nilai Indicated Equivalent Air Kerma ( $K_{IND}$ ) yang merujuk pada standar IEC 62494-1 pada setiap penyinaran serta mean gray value yang dihasilkan citra digunakan sebagai respon PSP yang dihubungkan dengan variasi kVp dan mAs. Hasil penelitian diperoleh respon photostimulable phosphor pada parameter Exposure Index dan Deviation Index memenuhi hubungan logaritmik dengan koefisien korelasi  $>0,97$  pada semua variasi faktor eksposi. Parameter nilai Indicated Equivalent Air Kerma ( $K_{IND}$ ) yang merujuk standar IEC 62494-1 memenuhi hubungan linier dengan koefisien korelasi  $>0,97$  pada semua variasi faktor eksposi. Koefisien linieritas diperoleh menggunakan data standar IEC/mAs dengan nilai 0,005-0,061. Parameter mean gray value memenuhi hubungan logaritmik dengan koefisien korelasi  $>0,94$  pada penggunaan tegangan tabung tetap dan dapat dijadikan indikator linieritas keluaran pesawat. Nilai mean gray value dapat dijadikan indikator akurasi tegangan tabung pada rentang penggunaan 0,5 sampai 8 mAs dengan koefisien korelasi  $>0,83$ .

**Kata Kunci:** akurasi tegangan tabung, computed radiography, indikator eksposur, linieritas keluaran, mean gray value

### PENDAHULUAN

Jaminan mutu adalah filosofi manajerial yang meliputi semua aspek pelayanan pasien, hasil citra, dan interpretasi citra. Elemen jaminan mutu meliputi aturan proteksi radiasi yang komprehensif dan dialamatkan pada

pelindungan baik pasien dan staf, pengawasan paparan bagi staf, penggunaan teknik radiografi yang tepat, survey terhadap kepuasan pasien dan fisikawan, kalibrasi dan pengawasan alat, analisis pengulangan radiografi, dan dukungan terhadap pengembangan pendidikan. Peralatan

kalibrasi dan kendali mutu telah mengalami perkembangan ruang lingkup fisikawan medis. Perkembangan ini ada seiring datangnya pencitraan digital karena perangkat tes konvensional tidak dapat memenuhi permintaan terhadap uji kualitas yang ada[1].

Penggunaan *Computed Radiography* yang mulai umum di Indonesia dan respon linier dari *photostimulable phosphor* membuat suatu rumusan masalah menarik yakni respon *photostimulable phosphor* terhadap variasi faktor eksposi yang digunakan dalam penentuan akurasi tegangan tabung dan linieritas keluaran faktor eksposi pesawat sinar-X

## DASAR TEORI

*Computed Radiography* (CR) merupakan proses digitalisasi citra yang menggunakan lembar atau *photostimulable-phosphor* (PSP) untuk akuisisi data citra. *Imaging plate* (IP) mendemonstrasikan respon linier yang unggul terhadap intensitas sinar-X dibanding film radiografi, maka IP mampu menampilkan performa yang baik dalam kemampuannya memberi informasi diagnostik yang lebih baik pada daerah *underexposure* dan *overexposure*[2]. Nilai paparan radiasi pada *imaging plate* yang ditunjukkan oleh *exposure indicator* akan selalu linier dari 0,01 sampai 100 mR untuk empat dasawarsa penggunaan IP[3].

Penelitian sebelumnya dilakukan dengan menggunakan prinsip dasar respon *photostimulable phosphor* adalah untuk mengetahui hubungan dosis keluaran pesawat sinar-X kaitannya dengan nilai indeks eksposi pada citra CR dan hubungan determinasi nilai *half-value-layer* menggunakan plat citra CR [4,5].

*Exposure index* dipengaruhi oleh akurasi algoritma kolimasi deteksi, waktu *delay* antara akuisisi dan pembacaan, dan reproduksibilitas sinar-x pesawat yang digunakan. Nilai indeks deviasi ada pada informasi citra hasil bacaan CR dinyatakan dalam bilangan decimal dari -9,9 sampai dengan +9,9. Pada penelitian ini,

sistem CR yang digunakan telah mengimplementasikan standar IEC 62494-1 dan merupakan suatu tanggung jawab yang baik terhadap paradigma standar indeks eksposur yang baru. *Mean gray value* merupakan banyaknya nilai keabuan dari semua pixel yang dipilih dibagi banyaknya jumlah pixel keseluruhan[6-9].

. Respon *photostimulable phosphor* yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *Exposure Index*, *Deviation Index*, nilai *Indicated Equivalent Air Kerma* ( $K_{IND}$ ) yang merujuk pada standar IEC 62494-1 dan nilai *mean gray value* yang didapat setelah dilakukan penyinaran dan pembacaan terhadap *photostimulable phosphor*

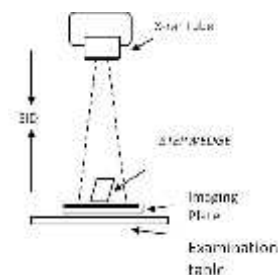
## METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan dengan menggunakan pesawat sinar-X merk GE 630 mA dan menggunakan perangkat CR Carestream dengan menggunakan kaset ukuran 24 x 30 cm<sup>2</sup>. Multimeter sinar-X Piranha digunakan sebagai alat penguji kesesuaian pesawat dan stepwedge aluminium 21 step digunakan untuk memberikan variasi terhadap skala keabuan pada citra.

### B. Prosedur Penelitian

Pertama dilakukan uji kesesuaian yang terdiri dari keakuratan tegangan tabung, linieritas keluaran, dan reproduksibilitas sinar-X. Penyinaran dilakukan terhadap CR dengan FFD 100 cm dan kolimasi seluas lapangan kaset. Faktor eksposi yang digunakan adalah dengan menggunakan tegangan kenaikan 10 kVp pada 50-90 kVp dan menggunakan mAs 0,5;1;2;4;8;16 dengan total 30 citra CR.



Gambar 1. Skema teknis penyinaran CR

Indikator eksposur yang terdiri dari *Exposure Index* (EI), *Deviation Index* (DI), dan nilai *Indicated Equivalent Air Kerma* ( $K_{IND}$ ) yang merujuk pada standar IEC 62494-1 pada setiap citra dicatat. Analisa mean gray value tiap citradilakukan dengan menggunakan aplikasi ImageJ 1.46r. Data respon CR dihubungkan terhadap masing-masing nilai kVp dan mAs yang menjadi sumbu-x pada grafik.

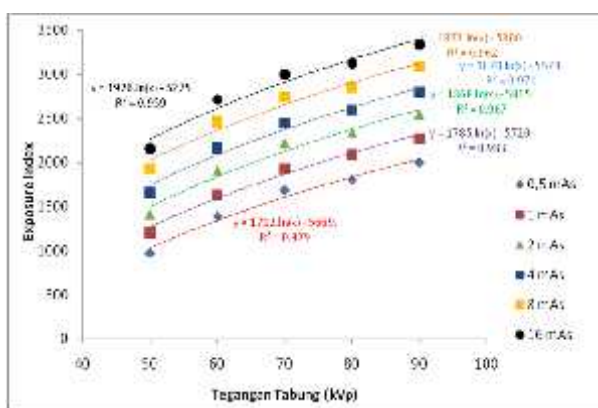
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengaruh Variasi Tegangan Tabung dengan Arus Tabung-Waktu Penyinaran (mAs) Tetap Terhadap Respon CR.

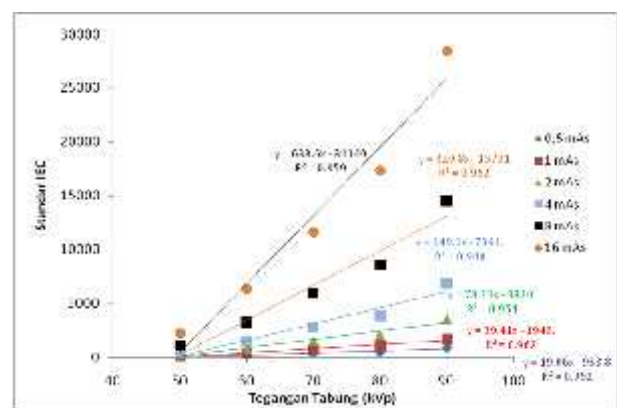
Pada penelitian didapat hubungan antara kenaikan kVp dengan EI dimana memenuhi hubungan persamaan garis logaritma dengan kenaikan tiap garis pada tiap kenaikan mAs tampak beraturan. Nilai koefisien korelasi tertinggi adalah pada penggunaan 1 mAs dengan nilai 0,9914. Nilai indeks eksposi terendah terjadi pada penggunaan 50 kVp dan 0,5 mAs yaitu pada nilai 971 dan tertinggi pada nilai 3340 pada 90 kVp dan 16 mAs (Gambar 2a). Grafik yang terbentuk pada hubungan kondisi ini terhadap nilai standar IEC yang terbaca pada layar monitor menunjukkan hubungan logaritmik dengan nilai koefisien

korelasi terbesar ada pada pengaturan 0,5 mAs tetap yaitu 0,981 (Gambar 2b). Pada Gambar 2b, kenaikan terjadi pada tiap grafik yang terbentuk dari pengaturan 0,5 mAs sampai dengan 16 mAs dengan nilai standar IEC terkecil pada pengaturan 50 kVp dan 0,5 mAs sebesar 68,6 dan nilai tertinggi pada 28.437 pada pengaturan 90 kVp dan 16 mAs.

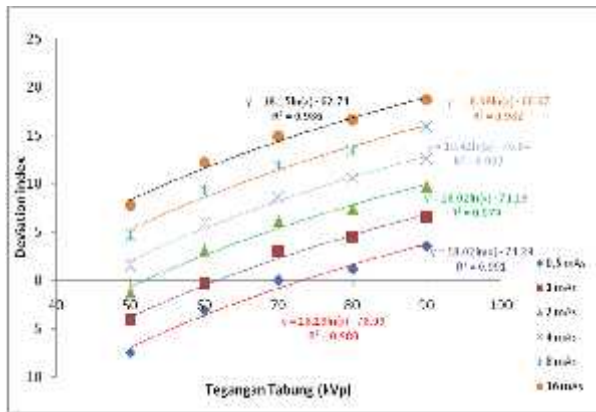
Hasil penelitian dengan menghubungkan kenaikan kVp dan mAs tetap terhadap perubahan nilai DI (Gambar 2c) didapat bahwa kenaikan kVp menyebabkan nilai DI mengalami kenaikan dengan koefisien korelasi terbesar ada pada penggunaan 1 mAs sebesar 0,9955. Nilai per kenaikan mAs yang tetap, juga diikuti dengan kenaikan nilai DI ini dengan nilai indeks deviasi terkecil pada faktor eksposi 50 kVp dan 0,5 mAs dengan nilai -7,5 dan yang terbesar adalah 18,71 pada faktor eksposi 90 kVp dan 16 mAs. Pada hasil analisa *mean gray value* hubungannya dengan kenaikan tegangan tabung diperoleh koefisien korelasi terkecil pada penggunaan 16 mAs sebesar 0,636. Pada penyinaran dengan menggunakan 0,5-8 mAs diperoleh nilai koefisien korelasi  $> 0,83$ . Pada Gambar 2d, terlihat kenaikan grafik mengikuti kenaikan penggunaan arus-waktu penyinaran tabung



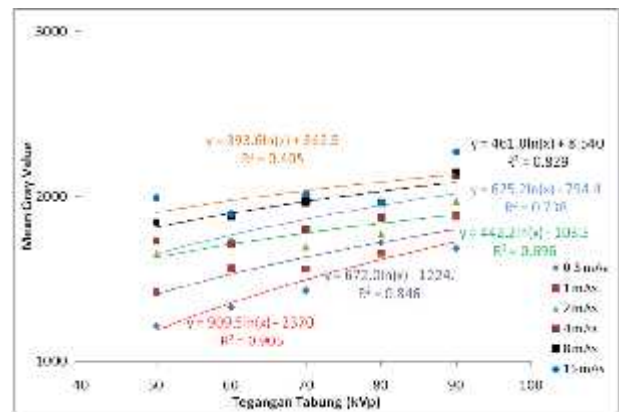
(a)



(b)



(c)



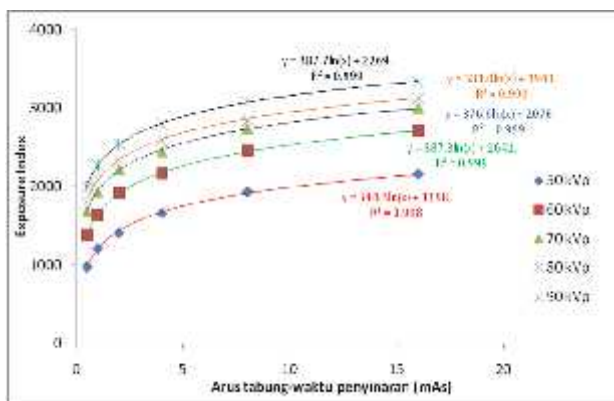
(d)

Gambar 2. Pengaruh kenaikan tegangan tabung dengan arus tabung-waktu penyinaran (mAs) tetap terhadap (a) *Exposure Index*, (b) *Indicated Equivalent Air Kerma* ( $K_{IND}$ ) yang merujuk pada standar IEC 62494-1 (c) *Deviation Index*, (d) *mean gray value*.

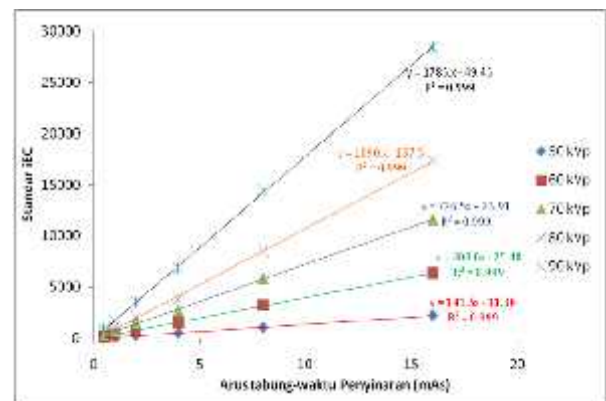
**B. Pengaruh Variasi Arus Tabung-Waktu Penyinaran (mAs) dengan Tegangan Tabung Tetap Terhadap Respon CR**

Hasil penelitian didapatkan hubungan dalam bentuk grafik logaritmik dengan koefisien korelasi sebesar 0,9995 pada penggunaan tegangan tabung tetap dari 60-90 kVp (Gambar 3a). Pada Gambar 3b didapat hubungan kenaikan mAs pada tegangan tabung tetap terhadap nilai standar IEC. Grafik kenaikan mAs dengan tegangan tabung tetap memiliki nilai koefisien korelasi lebih tinggi sebesar 0,9995 pada semua penggunaan tegangan tabung tetap yang berbeda (Gambar 3b). Hasil yang sama terjadi pada hubungan nilai DI dengan kenaikan mAs dengan

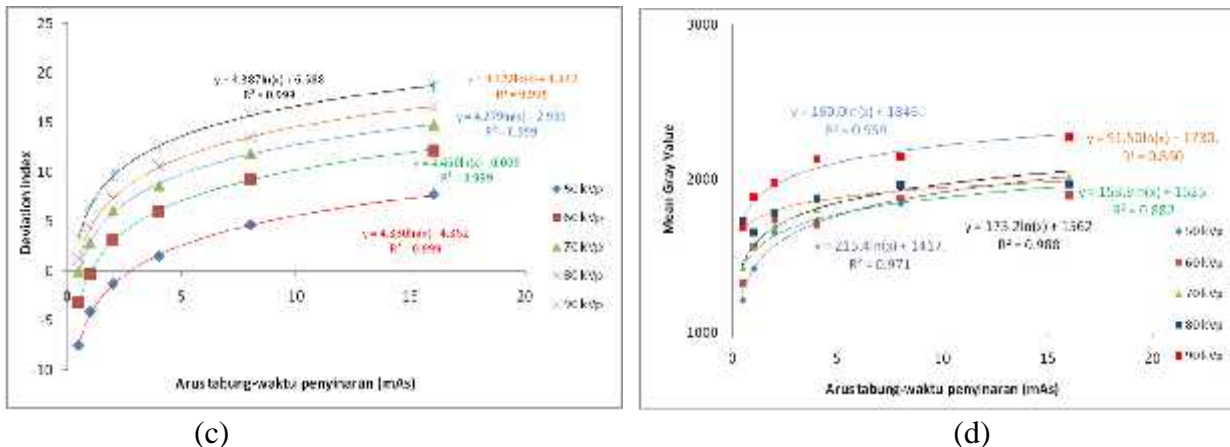
menghasilkan koefisien korelasi 0,9995 pada semua penggunaan tabung tetap yang berbeda. Ketiga hubungan standar indikator eksposur ini memiliki nilai koefisien korelasi yang paling mendekati nilai koefisien korelasi (~1) dibandingkan dengan tiga hubungan standar indikator eksposur menggunakan kenaikan tegangan tabung linier. Hasil pengukuran terhadap nilai *mean gray value* hubungannya dengan kenaikan mAs (Gambar 3d) memiliki nilai koefisien korelasi terendah pada penggunaan tegangan tabung 60 kVp sebesar 0,94. Respon CR terhadap kenaikan faktor eksposi linier lebih baik pada penggunaan tegangan tabung tetap dibandingkan terhadap kenaikan tegangan tabung dengan mAs tetap.



(a)



(b)



Gambar 3. Pengaruh kenaikan arus tabung-waktu penyinaran (mAs) dengan kenaikan tegangan tabung tetap terhadap (a) *Exposure Index*, (b) *Indicated Equivalent Air Kerma* ( $K_{IND}$ ) yang merujuk pada standar IEC 62494-1 (c) *Deviation Index*, (d) *mean gray value*.

C. Koefisien Linieritas Pesawat Radiologi dengan Menggunakan Respon CR

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1250 keluaran radiasi harus linier dengan mA pada rentang arus tabung yang tersedia. Terdapat dua hasil pengukuran keluaran radiasi (mGy/mAs), X1 dan X2 untuk kelayakan dengan hubungan

$$|X1 - X2| \leq 0,1 (X1 + X2) \quad (1)$$

dimana nilai 0,1 merupakan koefisien linieritas toleransi. Bila nilainya >0,1 dinyatakan pesawat radiologi yang diuji memiliki keluaran yang tidak linier [10]. Pada pengujian dengan menggunakan detektor Piranha, didapat nilai koefisien linieritas maksimum sebesar 0,00311. Penulis menggunakan hubungan standar IEC untuk ditentukan besaran Proses penentuan linieritas mAs dapat menggunakan respon *imaging plate* terkalibrasi koefisien linieritasnya karena mempunyai grafik linier yang sama dengan hasil analisis Piranha. Diperoleh hasil koefisien linieritas dengan menggunakan (standar IEC/mAs) dengan rentang 0,005 – 0,061.

KESIMPULAN

Respon photostimulable phosphor pada parameter Exposure Index dan Deviation Index memenuhi hubungan logaritmik dengan

koefisien korelasi > 0,97 pada semua variasi faktor eksposi. Keduanya dapat dijadikan indikator akurasi tegangan tabung dan linieritas keluaran pesawat sinar-X. Respon photostimulable phosphor pada parameter nilai *Indicated Equivalent Air Kerma* ( $K_{IND}$ ) yang merujuk pada standar IEC 62494-1 memenuhi hubungan linier dengan koefisien korelasi > 0,97 pada semua variasi faktor eksposi. Parameter ini dapat dijadikan indikator akurasi tegangan tabung dan linieritas keluaran pesawat sinar-X.

Penentuan koefisien linieritas lebih lanjut dapat dilakukan pada hubungan kenaikan mAs dan tegangan tabung tetap terhadap standar IEC dengan menggunakan data standar IEC/mAs yang memiliki koefisien linieritas maksimum < 0,1. Hasil penelitian diperoleh koefisien linieritas 0,005-0,061. Respon photostimulable phosphor pada parameter mean gray value memenuhi hubungan logaritmik dengan koefisien korelasi > 0,94 pada variasi mAs dengan penggunaan tegangan tabung tetap dan dapat dijadikan indikator linieritas keluaran pesawat. Hasil penelitian didapat mean gray value dapat dijadikan indikator akurasi tegangan tabung pada rentang penggunaan 0,5-8 mAs dengan koefisien korelasi terendah sebesar 0,63 pada variasi tegangan tabung di 16 mAs.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Caroll B. Quinn. (2011). *Radiography in The Digital Age*. Charles C Thomas Publishers LTD : USA
- [2] Ballinger, Philip W. dan Eugene D. Frank. (2003). *Merrill's Atlas of Radiographic Positions and Radiologic Procedures, Tenth Edition, Volume Three*. Saint Louis : Mosby.
- [3] American Association of Physicists in Medicine. (2006). *Acceptance Testing and Quality Control Storage Phospor Imaging System*,  
[http://www.aapm.org/pubs/reports/rpt\\_93.pdf](http://www.aapm.org/pubs/reports/rpt_93.pdf) di unduh 13 Januari 2014..
- [4] Ariga Eiji. (2011). *Determination of half value layers of X-ray equipment using computed radiography imaging plates*
- [5] Silva, T.R., Yoshimura, E.M. (2012). *Patient dose, gray level and exposure index with a computed radiography system*
- [6] Uffmann M, Schaefer-Prokop C. (2009). *Digital radiography: the balance between image quality and required radiation dose*. *Eur J Radiol*. 2009;72:202–8.
- [7] American Association of Physicists in Medicine. (2009). *An Exposure Indicator for Digital Radiography : Report of AAPM Task Group 116*.
- [8] Seibert, J. Anthony., Morin, Richard L. (2011). *The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population*. *Pediatr Radiol* (2011) 41:573–581
- [9] Ferreira, Tiago. Rasband, Wayne. (2012). *ImageJ User Guide, IJ 1.46r*.
- [10] Kementerian Kesehatan RI. (2009). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, No. 1250/MENKES/SK/XII/2009 Tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik*. Jakarta.