

## **ANALISIS LAJU DOSIS KELUARAN PESAWAT SINAR-X FLUOROSKOPI DUAL FUNGSI DI RS WAHIDIN SUDIROHUSODO MAKASSAR**

**Nur Hikmah Indah<sup>1</sup>, Syamsir Dewang<sup>1</sup>, Sri Dewi Astuty<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorium Fisika Medik dan Biofisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia

\*Email : [dewang1163@gmail.com](mailto:dewang1163@gmail.com)

Received: 21 September 2022; revised: 10 Desember 2022; accepted: 15 Desember 2022

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja generator tabung pesawat X-Ray Fluoroscopy Dual Function Merk APELEM S.A di instalasi radiologi RSUP Wahidin Sudirohusodo Makassar dalam aspek laju dosis ESD tipikal, laju dosis maksimum di udara dan laju dosis permukaan Image Intensifier. Analisis dilakukan berdasarkan indikator perubahan faktor eksposi dan pemilihan mode fungsi pesawat. Beberapa parameter yang menjadi variabel pendukung adalah uji akurasi tegangan, uji reproduksibilitas keluaran radiasi, uji linieritas kuat arus terhadap keluaran radiasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan pada akurasi tegangan, nilai koefisien variasi (CV) tegangan 65, 75 dan 85 berturut-turut diperoleh 0,31%, 2,08% dan 2,21%. Uji reproduksibilitas menunjukkan hasil terhadap variasi tegangan sebesar 0,0048; terhadap variasi waktu eksposi sebesar 0,0314 dan terhadap variasi keluaran radiasi sebesar 0,0105. Hasil analisis laju dosis pada tiga parameter yaitu laju dosis ESD tipikal diperoleh nilai maksimum sebesar 0,0038 mGy/s, laju dosis maksimum di udara sebesar 0,1248 mGy/s serta laju dosis permukaan Image Intensifier didapatkan 0,0219  $\mu$ Gy/s. Semua parameter yang diuji pada pesawat X-Ray Fluoroscopy Dual Function Merk APELEM S.A sesuai standar lolos uji yang ditetapkan dalam Perka BAPETEN No. 2 Tahun 2022, sehingga dapat disimpulkan pesawat dalam kondisi layak untuk digunakan secara rutin.*

**Kata kunci:** fluoroskopi, laju dosis ESD tipikal, laju dosis maksimum di udara, dan laju dosis permukaan Image Intensifier

### **PENDAHULUAN**

Sinar-X ditemukan pada tahun 1895 oleh Wilhelm Conrad Roentgen. Sinar-X telah digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan terus berkembang di bidang kesehatan dapat dimanfaatkan untuk keperluan radiodiagnosis, radioterapi, dan penelitian medis [1]. Salah satu contoh penerapan sinar-X dalam dunia medis yaitu pesawat sinar-X fluoroskopi.

Penggunaan pesawat sinar-X fluoroskopi untuk memperoleh hasil citra dalam bentuk statis maupun dalam bentuk

video dari struktur organ pasien secara real-time. Meskipun menggunakan dosis yang relatif rendah, paparan kumulatif yang diterima pasien relatif tinggi, karena melibatkan penggunaan sinar-X yang merupakan radiasi pengion [1,2]. Fluoroskopi memiliki waktu eksposi yang lama untuk mengamati gerak organ secara dinamik sehingga mengakibatkan tingginya dosis paparan radiasi yang diterima pasien [3]. Pengoperasian fluoroskopi menggunakan arus yang kecil tidak lebih dari 50 mAs, tetapi dosis yang diterima pasien akan lebih besar dibandingkan pemeriksaan radiografi yang lain. Besaran

dosis radiasi yang dikeluarkan dalam penyinaran dipengaruhi oleh tegangan puncak tabung pesawat (kVp), dimana nilai besarnya bergantung pada pasien yang akan diperiksa [4].

Uji kesesuaian diperlukan untuk memastikan bahwa pesawat memenuhi persyaratan proteksi radiasi dan memberikan informasi diagnostik yang akurat [5]. Hasil pengukuran diharapkan dapat memenuhi standar parameter atau batas toleransi uji kesesuaian sehingga pasien tidak mendapat paparan yang tidak diperlukan, dan menerapkan program jaminan mutu untuk radiologi diagnostik [6,7].

Aswad dkk. (2018) meneliti tentang “Studi Quality Control (QC) Pesawat Fluoroscopy (Angiografi) menggunakan Multimeter RaySafe (X2) dan Black Piranha RTP” melakukan pengukuran meliputi akurasi tegangan tabung (kVp), waktu fluoroskopi maksimum, dan uji kualitas berkas/half value layer (HVL), linearitas keluaran (mGy/mAs), laju dosis permukaan *image intensifier*, dan kualitas citra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian generator dan tabung pesawat sinar-X masih dalam batas toleransi yaitu 1,4 %. Nilai maksimum laju dosis pasien tipikal 14,3 mGy/min, dan laju dosis serap reseptor citra sebesar 67,8 mGy/min untuk pengukuran menggunakan 20 cm phantom polymethyl methacrylate (PMMA) yang dioperasikan pada mode dosis normal dan dosis tinggi [2].

Banihashemi, dkk (2020) [8] meneliti *Quality control assessment of Philips digital radiography and comparison with Spellman and Samsung systems in Tehran Oil Ministry Hospital* dengan menggunakan phantom Pehamed, dosimeter Piranha, dan tiga perangkat radiologis dari tiga perusahaan berbeda Samsung, Spellman, dan Philips. HVL untuk Al diukur pada 2,85 mm di atas kualitas penyinaran. HVL meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan. Koefisien variasi (CV) dan fluktuasi

kebisingan dihitung berdasarkan tegangan yang disesuaikan, waktu penyinaran, dan dosis keluaran. Pada 100 mA, CV maksimum dosis keluaran adalah 0,0074 untuk 90 kVp - 80 ms. Hasil menunjukkan bahwa sistem pencitraan digital Philips memiliki kualitas yang cukup baik di semua pengujian QC. Secara komparatif, dosis serap pasien dengan mesin sinar-X Spellman lebih sedikit dibandingkan dengan dua perangkat lainnya. Dengan dosis yang tercatat dalam penilaian respons detektor linieritas, mesin Samsung dan Philips menunjukkan koefisien regresi yang baik [8].

Berdasarkan hal tersebut, perlu untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X fluoroskopi telah memenuhi standar melalui uji kesesuaian generator dan tabung serta pengukuran laju dosis pasien. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian dilakukan dalam rangka uji kesesuaian dan pengukuran laju dosis keluaran pesawat dengan meneliti terkait uji kesesuaian pada pesawat X-Ray *Fluoroscopy Dual Function* Merk APELEM S.A di RS. dr. Wahidin Sudirohusodo.

## MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pesawat X-Ray *Fluoroscopy dual function* merk APELEM S.A tipe tabung Magnum 80 kW RF 2 Tube. Penelitian ini dilakukan dengan parameter uji berupa uji akurasi tegangan, reproduksibilitas, dan linieritas keluaran radiasi, serta pengukuran laju dosis ESD tipikal, laju dosis maksimum di udara, dan laju dosis permukaan *Image Intensifier* dengan menggunakan Attenuator Cu dan Pb 2 mm, pengukuran menggunakan multimeter Radcal.

### Uji Akurasi tegangan dan Reproduksiabilitas

Uji akurasi tegangan dilakukan untuk melihat nilai penyimpangan tegangan radiasi pada pesawat sinar-X antara panel kontrol dengan tegangan yang terbaca di alat ukur [9]. Batas toleransi untuk uji akurasi kV berdasarkan PERKA BAPETEN yaitu  $\leq 10\%$  [10].

$$\text{Error} = \left| \frac{kV.set - kV.ukur}{kV.set} \right| \times 100\% \quad (1)$$

dimana kV ukur adalah tegangan tabung sinar-X yang terukur oleh multimeter dan kV set adalah tegangan yang diberikan pada panel kontrol.

Uji reproduksibilitas dilakukan untuk melihat konsistensi pada keluaran radiasi (mGy), tegangan (kV) dan waktu eksposi (s) pada beberapa eksposi dalam pengaturan generator yang tetap hal ini terkait keselamatan ahli radiologi dan menghindari radiasi berlebih pada pasien [11,12].

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

dimana CV adalah koefisien variasi, S adalah standar deviasi dan X adalah rata-rata hasil pengukuran. Batas toleransi untuk keluaran radiasi dan uji reproduksibilitas tegangan masing-masing didasarkan pada PERKA BAPETEN yaitu  $\leq 0,05$  [13].

Penelitian dilakukan dengan memposisikan berkas radiasi tegak lurus terhadap meja pasien kemudian meletakkan detector radcal pada posisi tegak lurus menghadap tabung lalu melakukan eksposi fluoroskopi mode radiografi pada variasi tegangan 70, 80, dan 90 kV dengan besar arus 160 mA lalu mencatat nilai keluaran radiasi dan nilai tegangan yang diatur dan terukur.

### Linearitas Keluaran Radiasi

Uji linearitas keluaran radiasi pada penelitian ini dilakukan untuk menguji konsistensi kenaikan nilai keluaran radiasi (mGy/mAs) dengan menggunakan variasi pada arus mA atau mAs untuk memastikan apakah data yang dimiliki sesuai dengan garis linier dan memastikan keluaran radiasi tetap konstan.

$$CL = \frac{X_{max} - X_{min}}{X_{max} + X_{min}} \quad (3)$$

dengan CL merupakan linearitas keluaran radiasi,  $X_{max}$  adalah paparan dosis radiasi maksimum dan  $X_{min}$  adalah paparan dosis radiasi minimum. Batas toleransi uji akurasi

linearitas keluaran radiasi berdasarkan PERKA BAPETEN No. 2 2022 yaitu nilai  $0,1 CL \leq 0,1$  [14,15].

Penelitian dilakukan dengan memposisikan berkas radiasi tegak lurus terhadap meja pasien kemudian meletakkan detector pada posisi tegak lurus menghadap tabung lalu. Eksposi fluoroskopi mode radiografi dilakukan dengan variasi tegangan 70, 80, dan 90 kV dan pada masing-masing tegangan dilakukan variasi arus yaitu 100, 160, 250, 320 dan 400 mA, lalu mencatat nilai keluaran yang terukur. Batas toleransi uji akurasi linieritas keluaran radiasi berdasarkan PERKA BAPETEN No. 2 2022 yaitu nilai  $0,1 CL \leq 0,1$  [9,10].

### Laju ESD Tipikal

Pengukuran laju dosis ESD Tipikal dilakukan dengan meletakkan phantom sesuai dengan posisi normal pasien lalu memilih ukuran *image intensifier* yang rutin digunakan dengan kolimasi diatur sesuai dimensi phantom dengan menggunakan eksposi fluoroskopi, meletakkan detektor radcal di bawah phantom. Eksposi yang dilakukan yaitu sebanyak 5 kali pengukuran secara berturut-turut. Nilai yang terukur akan dibandingkan dengan nilai lolos uji yang telah ditetapkan yaitu  $\leq 0,28$  mGy/s.

### Laju Dosis Maksimum di Udara

Pengukuran ini dilakukan dengan meletakkan detektor dengan jarak 30 cm di atas meja lalu Pb (timbangan) diletakkan di atas permukaan *image intensifier*. Ukuran kolimasi menggunakan ukuran yang rutin digunakan, eksposi dilakukan sebanyak 5 kali berturut-turut. Nilai yang terukur akan dibandingkan dengan nilai lolos uji yang telah ditetapkan yaitu  $\leq 83$  mGy/s.

### Dosis Serap pada Permukaan *Image Intensifier*

Pengukuran dilakukan dengan meletakkan detektor di atas *image intensifier* lalu menempelkan Cu (tembaga) 2 mm pada permukaan kolimator. Eksposi dilakukan sebanyak 5 kali pengukuran berulang dan nilai yang terukur akan dibandingkan dengan nilai lolos uji yang telah ditetapkan yaitu  $\leq 1$  mGy/s.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Uji Akurasi Tegangan**

Berdasarkan uji akurasi tegangan pada pesawat *X-Ray Fluoroscopy dual function* data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa hasil yang diperoleh dengan 5 kali pengukuran berulang pada setiap variasi tegangan sesuai dengan standar lolos uji yang telah ditetapkan oleh Perka BAPETEN no. 2 tahun 2022 yakni  $\leq 10\%$ .

Tabel 1 memperlihatkan adanya perbedaan tegangan yang terdapat pada panel control dan monitor. Terdapat tiga jenis tegangan yang digunakan yaitu 70 kV, 80 kV, dan 90 kV dengan arus diatur 160 mA. Pada tegangan 70 kV persentase kesalahan (% error) dari hasil tegangan pada multimeter yaitu 7,3% pada 64,9 kV-ukur, 8,5% pada 74,2 kV-ukur dan 8,1% pada 82,2 kV-ukur. Berdasarkan hasil pengukuran nilai persentase error pada pengujian akurasi tegangan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Perka BAPETEN sehingga menunjukkan bahwa pesawat tersebut dalam kondisi baik.

**Reproduksibilitas**

Pengujian reproduksibilitas bertujuan untuk melihat stabilitas alat saat melakukan penyinaran berulang pada kondisi yang sama. Adapun nilai

standar lolos uji koefisien variasi yang telah ditetapkan pada keputusan Perka BAPETEN no. 2 tahun 2022 yakni  $\leq 0,05$ . Berdasarkan penelitian uji reproduksibilitas pada pesawat *X-Ray Fluoroscopy dual function*.

Pada Tabel 2 diperoleh nilai CV tertinggi untuk parameter reproduksibilitas tegangan sebesar 0,0048 pada tegangan 90 kV pada waktu penyinaran sebesar 0,0105 pada tegangan 90 kV dan keluaran radiasi sebesar 0,0314 Berdasarkan dari data hasil pengukuran tersebut nilai koefisien variasi uji reproduksibilitas memenuhi standar yang ditetapkan oleh Perka BAPETEN yaitu  $\leq 0,05$ . Hal ini menunjukkan bahwa pesawat tersebut dalam kondisi baik dan layak untuk digunakan.

**Linearitas Keluaran Radiasi**

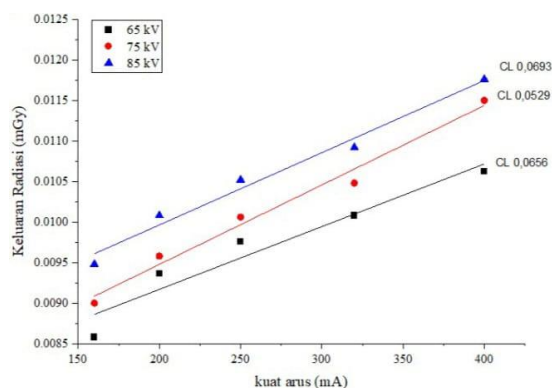
Linearitas keluaran radiasi merupakan salah satu kegiatan uji yang termasuk dalam Quality Control pada pesawat sinar-x. Untuk memastikan apakah data yang dimiliki sesuai dengan garis linear atau tidak. Pengujian ini menggunakan beberapa variasi mA untuk setiap nilai tegangan yang ditentukan, yaitu 160, 200, 250, 320 dan 400 mA, pada pengaturan tegangan tetap yaitu 70, 80 dan 90 kV. Nilai lolos uji koefisien linearitas yang telah ditetapkan pada PERKA BAPETEN (CL)  $\leq 0,1$ .

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Uji kesesuaian Akurasi Tegangan

No	Tegangan panel (kV)	Rerata tegangan multimeter (kV)	Error (%)	Nilai lolos uji	kesesuaian
1	65	64,8	0,3	$\leq 10\%$	sesuai
2	75	73,4	2,1		sesuai
3	85	83,1	2,2		sesuai

**Tabel 2.** Nilai koefisien variasi uji reproduksibilitas

No	Parameter	Tegangan (kV)	Koefisien variasi (CV)	Nilai lolos uji	Kesesuaian
1	Tegangan (kV)	65	0,0019	$\leq 0,05$	sesuai
		75	0,0021		sesuai
		85	0,0048		sesuai
2	Waktu eksposi (ms)	65	0,0098		sesuai
		75	0,0055		sesuai
		85	0,0105		sesuai
3	Keluaran radiasi (mGy)	65	0,0206		sesuai
		75	0,0314		sesuai
		85	0,0293		sesuai



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara arus dan keluaran radiasi serta nilai koefisien linieritas

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara kuat arus dan keluaran radiasi dimana kenaikan arus sejalan dengan kenaikan keluaran radiasi, semakin tinggi arus semakin tinggi pula radiasi yang dikeluarkan. Hasil perhitungan nilai koefisien linieritas (CL) tertinggi diperoleh pada tegangan 90 kV sebesar 0,0693. berdasarkan hal tersebut nilai koefisien linieritas tidak melebihi dan memenuhi standar yang telah ditetapkan. Hal ini membuktikan bahwa pesawat tersebut mengeluarkan radiasi yang konstan.

**Laju Dosis ESD Tipikal**

Uji laju dosis tipikal merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui informasi dosis yang diterima oleh tubuh pasien [14]. Pengukuran ini dilakukan pada pesawat X-Ray Fluoroscopy dual function dengan

menggunakan phantom perspex dan multimeter Radcal untuk mengukur keluaran radiasi. Nilai laju dosis ESD tipikal yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 3 Menurut Perka BAPETEN no. 2 tahun 2022 nilai lolos uji laju dosis ESD tipikal tidak lebih dari 17 mGy/min.

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat perolehan data hasil pengukuran laju dosis ESD tipikal dengan nilai terkecil yaitu 0,0036 mGy/s dan nilai terbesar 0,0039 mGy/s. Dari data hasil pengukuran tersebut nilai yang diperoleh memenuhi standar uji yang di tetapkan oleh Perka BAPETEN.

**Laju Dosis Maksimum di Udara**

Laju dosis maksimum di udara merupakan suatu uji yang dilakukan untuk mengetahui besarnya laju dosis maksimum di udara yang tidak di terima oleh tubuh. Pengukuran ini dilakukan dengan meletakkan detektor pada jarak 30 cm di atas meja. Menurut standar yang telah di tetapkan oleh BAPETEN No.2 Tahun 2022 nilai lolos uji laju dosis maksimum di udara yaitu  $\leq 50$  mGy/min.

Berdasarkan Tabel 4, nilai yang diperoleh dari pengakuran laju dosis maksimum di udara untuk 5 kali pengukuran berulang diperoleh nilai terkecil yaitu 0,1082 mGy/s dan nilai terbesar 0,125 mGy/min. Dari data hasil pengukuran tersebut nilai yang diperoleh memenuhi standar dan tidak melebihi nilai lolos uji yang di tetapkan oleh Perka BAPETEN.

**Tabel 3.** Hasil pengukuran laju dosis ESD tipikal

Tegangan (kV)	Arus (mA)	Laju dosis mGy/s	Nilai lolos uji (mGy/s)
84	16,3	0,0038	$\leq 0,283$
84	16,5	0,0039	
84	16,3	0,0038	
84	16,4	0,0036	
84	16,4	0,0038	

**Tabel 4.** Hasil pengukuran laju dosis Maksimum di udara

Tegangan (kV)	Arus (mA)	Laju dosis mGy/s	Nilai lolos uji (mGy/s)
72	21.5	0,108	$\leq 0,833$
70	21.1	0,113	
69	20.7	0,118	
70	18.2	0,125	
72	17.4	0,118	

Tabel 6. Hasil pengukuran laju dosis permukaan *image intensifier*

Variasi kolimasi/ FoV (cm)	Arus (mA)	Tegangan (kV)	Laju dosis $\mu\text{Gy/s}$	Nilai lolos uji ( $\mu\text{Gy/s}$ )
$\geq 23$ cm diameter	25,4	122	0,0189	$\leq 1$
	26,8	119	0,0184	
	27,5	120	0,0179	
	22,4	110	0,0178	
	24,4	120	0,0219	

### Laju Dosis Serap Permukaan *Image Intensifier*

Uji laju dosis serap permukaan *Image Intensifier* dilakukan pada pesawat *X-Ray Fluoroscopy dual function* yang dilakukan dengan menggunakan attenuator 2 mm Cu yang ditempelkan pada permukaan kolimator. Menurut Perka BAPETEN no. 2 tahun 2022 nilai laju dosis serap permukaan *Image Intensifier*  $\leq 60 \mu\text{Gy/min}$ . Tabel 5 memperlihatkan nilai hasil pengukuran laju dosis serap permukaan *image intensifier*.

Tabel 5 memperlihatkan nilai hasil pengukuran laju dosis serap permukaan *Image Intensifier* untuk 5 kali pengukuran berulang, diperoleh nilai dari hasil pengukuran yaitu 1,312  $\mu\text{Gy/min}$ ; 1,106  $\mu\text{Gy/min}$ ; 1,076  $\mu\text{Gy/min}$ ; dengan nilai terkecil yaitu 1,076  $\mu\text{Gy/min}$  dan nilai terbesar 1,312  $\mu\text{Gy/min}$  Dari data hasil pengukuran tersebut nilai yang diperoleh memenuhi standar dan tidak melebihi nilai lolos uji yang di tetapkan oleh Perka BAPETEN No. 2 Tahun 2022.

### KESIMPULAN

Semua parameter yang diuji pada pesawat *X-Ray Fluoroscopy dual function* Merk APELEM S.A sesuai standar lolos uji yang ditetapkan dalam Perka BAPETEN NO. 2 Tahun 2022, sehingga dapat disimpulkan pesawat dalam kondisi layak untuk digunakan secara rutin

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhadi M, *Sinar-X Menjawab Masalah Kesehatan*. Yogyakarta: Deepublish, 2020 .
- [2] Aswad A, Abdullah B, Tahir D. Studi Quality Control (Qc) Pesawat

Fluoroscopy (Angiografi) Di Pt. Siloam Internasional Hospital Makassar Menggunakan Multimeter Raysafe (X2) Dan Black Piranha Rti. *Positron*. 2018;8(2): 25-30.

- [3] Artitin C, Harahap WA, Ellyanti A. Pengukuran Dosis Radiasi Pada Organ Tiroid dan mPemeriksaan Fluroskopi. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 2018;7(4): 18-21.
- [4] Ardyanti EA, Gani MRA, Lubis LE, Soejoko DS. Pengaruh Antiscatter Grid Terhadap Dosis Dan Kualitas Citra Pada Prosedur Radiologi Intervensional. *Journal of Medical Physics and Biophysics*. 2019;6(1):7-15.
- [5] Susanti R, Milvita D, Sandy KYP. Uji Kesesuaian Pesawat Fluoroscopi Intervensional merek *Philips Allura FC* menggunakan Detektor *Unfors Raysafe X2* di Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*. 2017;6(3):1-8.
- [6] Tohiri N & Muttaqin A. Uji Kesesuaian Kinerja Generator dan Tabung Pesawat Sinar-X Merek Siemens di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. 2022;11(1):37-43.
- [7] Hastuti P, Syafitri I, Susanto W. Uji Kesesuaian Sebagai Aspek Penting Dalam Pengawasan Penggunaan Pesawat Sinar-X Di Fasilitas Radiologi Diagnostik. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, hal. 269-277, Bandung, 3 Juni 2009.
- [8] Banihashemi N, Nabipour JS, Khorshidi A, Mohammadi H. Quality control assessment of Philips digital

- radiography and comparison with Spellman and Samsung systems in Tehran Oil Ministry Hospital. *The European Physical Journal Plus*. 2020;135(2):1-15.
- [9] Hyperastuty AS, Mukhammad Y, Sugeng S. Analisis Uji Kesesuaian Pesawat Sinar X Radiografi Mobile Merk Drgem Topaz-40d Menggunakan X-Ray Multimeter PIRANHA. *Journal Of Health Science*. 2020;6(1):19-26.
- [10] BAPETEN. Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X. Nomor 2, 2022
- [11] Wiharja U & Al Bahar AK. Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi. *Prosiding Semnastek*, hal. 1-7, Jakarta, 19-21 September 2016
- [12] Utari EL & Listyalina L, Iswadi I, Ihsan II. Analisis Linearitas Keluaran Radiasi pada X-Ray Mobile dengan Menggunakan Piranha. *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu*, hal. 29-36, Yogyakarta, November 2019.
- [13] Iswadi I & Ihsan II. Analisis Linearitas Keluaran Radiasi pada X-Ray Mobile dengan Menggunakan Piranha. *Al-Kimia*. 2014;2(1):76-85.
- [14] Sari FR, Astuty SD, Dewang S, Hikmawati H. Analisis Keluaran Radiasi Terhadap Penggunaan Kombinasi Target/Filter Pada Pesawat Mammografi Di Rumah Sakit Syekh Yusuf Gowa. *Berkala Fisika*. 2022;25(1):80-88.
- [15] Suciningsari T. *Identifikasi Laju Dosis Tipical Dan Maksimum Di Udara Pada Pesawat Sinar-X Fluoroskopi Dual Fungsi Dan Mobile C-Arm Di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Hasanuddin*. Skripsi, Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2016.