

Penentuan *Peak Kilovoltage* (kVp) Pesawat Sinar-X Dengan Pemanfaatan *Imaging Plate* (IP) Di RSUD Dr. Moewardi

Bibit Cahyani^{*1}, Utari¹ dan Muhtarom²

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

²RSUD Dr.Moewardi, Surakarta

*bibitcahyani@gmail.com

Received 06-11-2020, Revised 02-03-2021, Accepted 11-07-2021, Published 01-10-2021

ABSTRACT

Research has been carried out to determine the kVp of X-ray aircraft using an imaging plate (IP) as a measuring tool. The imaging plate functions to record images after irradiation and as a detector to capture and store X-ray energy when it penetrates an object. The purpose of this study is to use IP as a kVp measurement tool. The method used is to create a characteristic curve of the relationship between the ratio of Region of Interest (ROI) of two aluminum filters to rated voltage (kVp). From the research obtained the equation $y = 2816.61 x^2 - 4532.19 x + 1878.65$ with $R^2 = 0.988$. The kVp test was carried out using a fluoroscopic X-ray model SM-20HFH. The test results obtained that the measured kVp value at a voltage of 70 kV was 66.21 kV and an error value of 5.41%. While the measured kVp value at 55 kV is 58.95 kV with an error value of -7.18%. These results indicate that IP can be used to measure kVp with an error below the allowable tolerance, namely the max error \leq of 10%.

Keywords: imaging plate (IP), image, ROI, X-rays, kVp

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan kVp pesawat sinar-X dengan pemanfaatan *imaging plate* (IP) sebagai alat ukur. *Imaging plate* berfungsi untuk merekam citra setelah dilakukan penyinaran serta sebagai detektor untuk menangkap dan menyimpan energi sinar-X ketika menembus suatu objek. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan IP sebagai alat ukur kVp. Metode yang digunakan adalah membuat kurva karakteristik hubungan antara rasio *Region Of Interest* (ROI) dua filter aluminium terhadap tegangan terukur (kVp). Dari penelitian diperoleh persamaan $y = 2816,61 x^2 - 4532,19 x + 1878,65$ dengan $R^2 = 0,988$. Pengujian kVp dilakukan dengan menggunakan pesawat sinar-X Fluoroskopi model SM-20HFH. Hasil pengujian diperoleh nilai kVp yang terukur pada tegangan 70 kV adalah 66,21 kV dan nilai *error* 5,41%. Sedangkan nilai kVp yang terukur pada tegangan 55 kV adalah 58,95 kV dengan nilai *error* -7,18%. Hasil ini menunjukkan bahwa IP dapat digunakan untuk mengukur kVp dengan kesalahan di bawah toleransi yang diperbolehkan yakni *error max* \leq 10%.

Kata kunci : *imaging plate* (IP), filter, citra, ROI, sinar-X, kVp

PENDAHULUAN

Radiodiagnostik merupakan bagian dari sarana penegakkan diagnosa pasien dengan memanfaatkan sinar-X. Sinar-X dipancarkan ke objek pasien kemudian setelah menembus diproyeksikan ke film rontgen sehingga bayangan objek dapat diamati secara visual. Ketika dosis penyinaran yang diberikan rendah maka akan menghasilkan gambar yang sulit diamati, sedangkan bila dosis yang diberikan terlalu tinggi maka menghasilkan gambar yang gelap dan pasien akan menerima radiasi yang tidak perlu. Penyebab kesalahan pemberian dosis dalam penggunaan sinar-X adalah ketidakcocokan antara

tegangan tabung dengan panel kontrol sinar-X dan intensitas radiasi sinar-X yang dihasilkan. Dengan demikian perlu dilakukan uji kesesuaian tegangan tabung menggunakan *Kilovolt Peak Meter* (kVp) sebagai pengukur^[1].

Uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah suatu tindakan untuk menetapkan pesawat sinar-X dalam kondisi handal untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Uji kesesuaian dimaksudkan untuk menjamin pengoperasian pesawat sinar-X yang handal dan selamat untuk pasien, pekerja, dan masyarakat. Salah satu contoh parameter uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah akurasi tegangan^[2]. Hasil radiografi, kualitas dan kuantitas salah satunya dipengaruhi oleh tegangan pemercepat Kilovolt (kV). Uji akurasi kVp dilaksanakan sekali dalam setahun untuk memastikan pesawat sinar-X agar kinerjanya selalu dalam kondisi yang andal^[3].

Verifikasi kVp pesawat sinar-X dilakukan dengan mengukur tegangan tabung pesawat sinar-X. Terdapat dua metode dalam melakukan pengukuran tegangan, yakni metode *invasive* dan *non-invasive*. Metode *invasive* adalah metode pengukuran secara langsung pada kedua elektroda tabung pesawat sinar-X. Metode ini tidak direkomendasikan karena tidak praktis, karena tegangan pada tabung sangat tinggi sampai mencapai puluhan kV dan harus membuka casing tabung. Sedangkan, metode *non-invasive* adalah metode pengukuran tidak langsung yakni dengan mengukur radiasi yang dipancarkan oleh sinar-X menggunakan detektor misalnya piranha atau raysafe^[4].

Pengaturan kVp adalah salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi kualitas gambar dalam pencitraan sinar-X. Telah dilakukan penelitian dengan membuat alat kVp-meter dengan mikrokontroler ATmega16 (Atmel). Penelitian ini dilakukan berdasarkan prinsip bahwa foton sinar-X yang mengenai fotodiode akan difilter oleh tembaga dengan ketebalan 0,5 mm dan 1 mm, sehingga menghasilkan arus yang berbeda pula sebanding dengan rasio intensitasnya. Selama proses pemaparan, data hasil pengukuran diproses oleh alat mikrokontroler. Nilai tegangan yang terukur oleh alat ini adalah antara 60-120 kVp^[5].

Penelitian lain dilakukan tentang jaminan kualitas pesawat sinar-X konvensional menggunakan alat *non-invasive* kV meter yang dilakukan di Rumah Sakit Mansoura seperti reproduksibilitas dosis keluaran, waktu, dan tegangan tinggi. Alat yang digunakan adalah *solid state detectors* dan ion chamber pada alat kV meter. Pengaturan pada akurasi kV dengan menggunakan arus tabung 12 mA untuk interval kV dari 50-100 kV. Hasilnya menunjukkan rata-rata kesalahan terukur tegangan tinggi berkisar 1,5-1,35%. Nilai tersebut lebih rendah dari batas toleransi $\pm 5\%$ menurut *American Association of Physicist in Medicine*^[6].

Imaging Plate (IP) adalah lembaran yang terdiri dari beberapa lapisan *phosphor* dan lapisan pendukung lainnya. IP berfungsi untuk menangkap dan menyimpan bayangan laten dengan memosisikannya ke dalam kaset *imaging plate*. IP berguna untuk menangkap gambar dari organ pasien yang diekspos sinar-X. Pembentukan citra pada IP diawali ketika organ pasien diekspos, maka IP akan menangkap energi sinar-X dan disimpan oleh bahan fosfor dan kemudian dimasukkan ke *Computed Radiography*. *Laser scanner* akan membaca hasil eksposi dan mengubahnya ke sinyal digital yang ditampilkan pada layar monitor komputer dengan bantuan *software* khusus untuk *medical imaging*^[7].

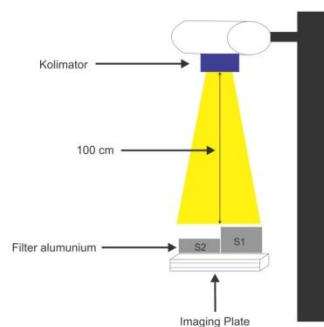
Computed Radiography (CR) merupakan metode pencitraan radiografi yang mengubah sistem analog menjadi digital memakai *photo-stimulable phosphor* (PSP) untuk perolehan data dan pemrosesan dari suatu citra, sehingga ketika dilakukan perbesaran tidak mengalami perubahan ukuran dan resolusi. Data yang ditampilkan oleh CR berupa energi

sinar-X yang tersimpan di dalam IP^[8]. *Plate* pencitraan yang digunakan untuk membuat akuisisi gambar, merupakan *plate* berbasis PSP. Satu *imaging plate* akan digunakan untuk setiap kali eksposur. *Imaging plate* tertutup dalam kaset, yang hampir sama dengan kaset film layar. Selama eksposur, elektron dalam *plate* fosfor akan bergerak ke tingkat energi yang lebih tinggi, terperangkap dan membentuk gambar laten. Gambar laten tersebut kemudian diproses dan dengan cara meletakkan *imaging plate* di pembaca CR atau disebut dengan *digitizer*^[9].

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini dilakukan uji kesesuaian akurasi tegangan tabung dengan metode *non-invasive* pada pesawat Sinar-X di RSUD Dr. Moewardi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kVp yang terukur dengan memanfaatkan *Imaging Plate* (IP) sebagai detektor. IP dan filter yang telah diekspos kemudian *discan* untuk membaca hasil *Region Of Interest* (ROI) dari kedua filter aluminium. Rasio dari ROI dan kV kemudian diplot pada kurva karakteristik IP. Penelitian digunakan sebagai alternatif dalam pengukuran kV dengan metode pengukuran tidak langsung atau *non-invasive*, selain menggunakan detektor piranha atau raysafe.

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat sinar-X Simulator model M-1135P untuk menentukan kurva karakteristik *imaging plate* (IP), pesawat sinar-X Fluoroskopi model SM-20HFH untuk pengujian nilai kVp terukur, perangkat *Imaging Plate Computed Radiography* (CR) berukuran 35,4 cm x 43 cm sebagai perekam citra objek yang dihasilkan dan *scanner* Fujifilm FCR PRIMAT2 untuk membaca IP. Bahan yang digunakan adalah filter Al dengan ketebalan 6 mm dan 2 mm. Variasi tegangan yang digunakan adalah 60-100 kV dengan step 5 kV, SSD 100 cm, dan luas lapangan penyinaran 10 cm x 10 cm. Dari data set kemudian diperoleh nilai ROI dari masing-masing filter dan kVp terukur yang kemudian dibuat grafik hubungan antara nilai rasio ROI terhadap tegangan terukur (kVp). Dari grafik diperoleh nilai persamaan yang digunakan untuk pengujian kVp. Tegangan yang diuji adalah 70 kV dan 55 kV.



Gambar 1. Skema Penyinaran pada filter aluminium

HASIL DAN PEMBAHASAN

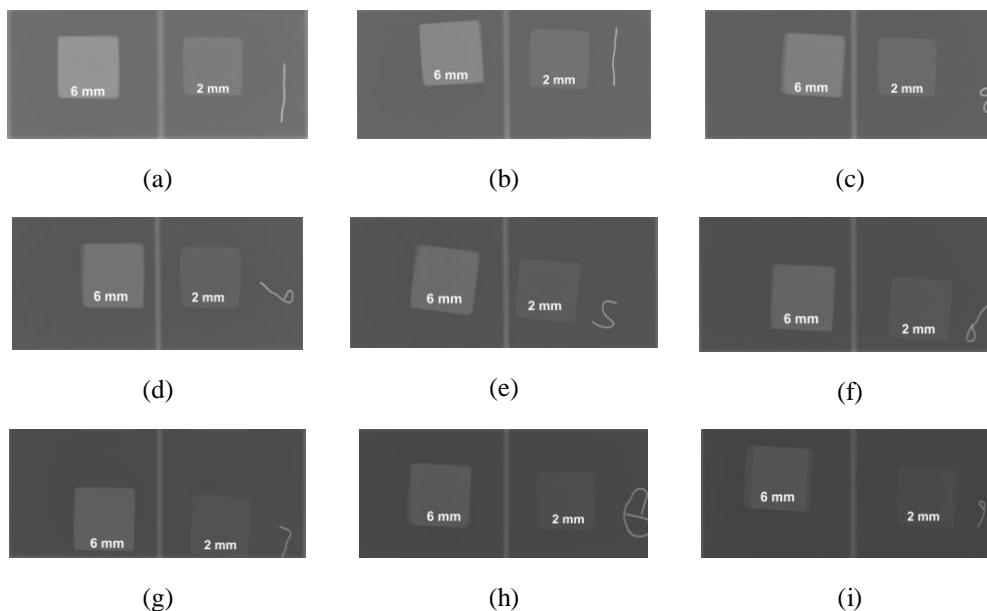
Penelitian telah dilakukan di Instalasi Radioterapi Rumah Sakit Dr. Moewardi, Surakarta. Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur, pengambilan data, pengolahan data, analisis data, pembahasan, dan kesimpulan. Penelitian dilakukan dengan tiga tahap, yaitu uji akurasi tegangan tabung, analisis kurva karakteristik *imaging plate* (IP), dan penentuan nilai kVp pada *imaging plate* (IP).

Penelitian pertama yaitu pengujian kesesuaian akurasi tegangan kVp. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder uji kesesuaian akurasi tegangan kVp pesawat sinar-X Simulator di Rumah Sakit Dr. Moewardi, yang dilakukan pada tanggal 21 Oktober 2017. Sebagaimana dapat terlihat tabel 1. pengujian akurasi kVp dilakukan dengan menggunakan rentang tegangan 50-90 kV, arus penyinaran tetap 1 mA. Nilai *error* maksimal yang dihasilkan 3,4% pada tegangan 60 kV. Sedangkan nilai *error* minimal yang dihasilkan 2,9% pada tegangan 80 kV. Nilai lolos uji berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia No. 2 Tahun 2018, syarat lolos uji dengan parameter akurasi tegangan sebesar $error\ max \leq 10\%$, sedangkan berdasarkan *American Association of Physicist in Medicine (AAPM)* batas toleransi sebesar $\pm 5\%$. Oleh karena itu, hasil uji pesawat sinar-X Simulator masih memenuhi syarat nilai lolos uji dan kinerja alat dalam kondisi yang handal.

Tabel 1. Data Uji Akurasi kVp

kVp set	kVp ukur	%Error	mA Auto
50	48,40	3,2	1
60	57,93	3,4	1
70	67,76	3,2	1
80	77,72	2,9	1
90	87,23	3,1	1
<i>Error max</i>		3,4	

Penelitian selanjutnya yaitu pembacaan nilai ROI dari citra yang dihasilkan dengan menggunakan *software DoseLab*. Penyinaran dilakukan menggunakan pesawat sinar-X Simulator model M-1135P. Tegangan yang digunakan adalah 60-100 kV dengan step 5 kV dan dengan arus tetap 5 mA. Semakin tinggi tegangan yang digunakan untuk penyinaran, makin daya tembus juga akan semakin besar. Berikut adalah hasil citra yang diperoleh pada penyinaran filter Al menggunakan pesawat sinar-X Simulator :



Gambar 2. Hasil citra dengan tebal filter pada penyinaran (a) 60 kV, (b) 65 kV, (c) 70 kV, (d) 75 kV, (e) 80 kV, (f) 85 kV, (g) 90 kV, (h) 95 kV, dan (i) 100 kV dalam arus tetap 5 mA

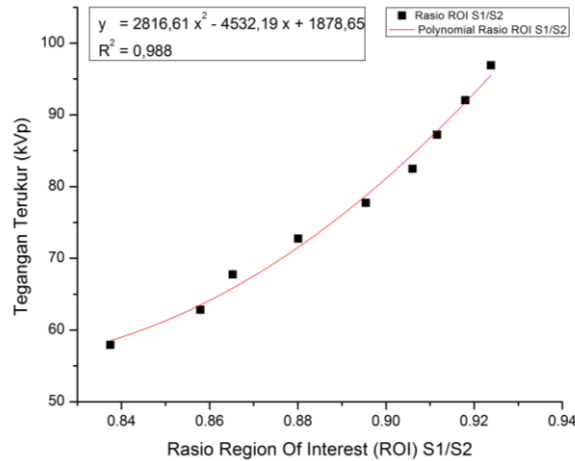
Pada gambar 2 dan 4 ditunjukkan citra yang dihasilkan pada filter dengan ketebalan 6 mm dan 2 mm. Semakin tinggi tegangan, maka citra yang diperoleh akan memiliki warna yang lebih gelap dan kontrasnya akan semakin menurun. Citra yang berwarna gelap dihasilkan ketika sinar-X menembus suatu objek maka akan terjadi interaksi antara sinar-X dengan objek, sehingga sinar-X yang diserap lebih banyak, sedangkan citra berwarna terang diakibatkan karena sinar-X yang diserap lebih sedikit dibandingkan dengan sinar-X yang diteruskan.

Pengaruh ketebalan filter terhadap citra dapat dilihat dari perbedaan pola gelap terang. Filter Al dengan ketebalan 6 mm memiliki gambar yang lebih terang dibanding dengan tebal filter 2 mm. Hal ini dikarenakan, radiasi yang diteruskan pada filter Al 6 mm lebih banyak dibanding dengan filter Al 2 mm. Semakin tebal filter, maka radiasi sinar-X yang diteruskan semakin besar dan citra yang diperoleh akan semakin terang. Nilai ROI pada citra hasil pembacaan menggunakan *software DoseLab* ditampilkan di tabel 2.

Tabel 2. Data Pembacaan Nilai ROI pada citra Pesawat Sinar-X Simulator

Tegangan set (kV)	Tegangan terukur (kVp)	%Error	Tebal		Rasio ROI (S1/S2)
			Nilai ROI 6 mm (S1)	Nilai ROI 2 mm (S2)	
60	57,93	3,4	324,13	387,03	0,83748
65	62,84	3,3	358,48	417,86	0,85789
70	67,76	3,2	382,91	442,54	0,86526
75	72,74	3,05	413,59	469,93	0,88011
80	77,72	2,9	441,32	492,86	0,89543
85	82,47	3,0	462,97	511,00	0,90601
90	87,23	3,1	483,21	530,06	0,91161
95	92,05	3,1	505,04	550,16	0,91799
100	96,90	3,1	521,78	564,82	0,92380

Berdasarkan data pada tabel 2 diperoleh grafik hubungan antara rasio nilai ROI dari filter Al tebal 6 mm (S1) dan 2 mm (S2) terhadap tegangan terukur (kVp) seperti terlihat pada gambar 3. Tegangan terukur pada 60-90 kV diperoleh berdasarkan dari perhitungan data rata-rata tegangan pada tabel 1, sedangkan 95 kV dan 100 kV diperoleh berdasarkan perhitungan dari rata-rata %error yakni sebesar 3,1%.



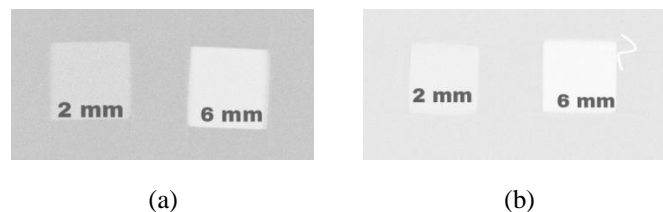
Gambar 3. Grafik Hubungan Rasio ROI (S1/S2) terhadap Tegangan terukur (kVp)

Pada gambar 3 dapat dilihat hubungan antara nilai rasio ROI pada filter Al terhadap tegangan terukur (kVp). Nilai rasio ROI S1/S2 dengan tegangan terukur berbanding lurus. Semakin besar nilai rasio ROI S1/S2 maka tegangan yang terukur juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan tegangan tinggi akan menghasilkan energi sinar-X yang tinggi, sehingga daya tembus ke target juga akan semakin besar pula. Nilai rasio ROI S1/S2 pada grafik terbentuk pada kisaran 0,83 sampai 0,92 dimana nilai yang tertinggi terjadi pada tegangan terukur 96,9 kVp dengan nilai rasio ROI 0,92. Sedangkan nilai terendah berada pada tegangan 60 kV dengan nilai rasio ROI 0,83. Grafik hubungan antara nilai rasio ROI S1/S2 terhadap tegangan terukur (kVp) diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y = 2816,61 x^2 - 4532,19 x + 1878,65 \tag{1}$$

dengan nilai $R^2 = 0,988$.

Penelitian selanjutnya yaitu penyinaran dengan menggunakan pesawat sinar-X Fluoroskopi model SM-20HFH. Tegangan yang digunakan untuk melakukan penyinaran adalah 70 kV dan 55 kV dengan arus tetap 10 mA dan waktu penyinaran 1 detik. Penyinaran ini bertujuan untuk menghitung nilai kVp menggunakan persamaan yang diperoleh dari grafik pada gambar 3. Berikut citra yang dihasilkan pada penyinaran menggunakan pesawat sinar-X Fluoroskopi:



Gambar 4. Hasil citra dengan tebal filter pada penyinaran (a) 70 kV dan (b) 55 kV dalam arus tetap 10 mA dan waktu 1 detik

Nilai ROI pada gambar 4 dibaca dengan *software DoseLab*, hasilnya diperlihatkan di tabel 3.

Tabel 3. Data Pembacaan Nilai ROI pada citra Pesawat Sinar-X Fluoroskopi

Tegangan set (kV)	Tebal		Rasio ROI S1/S2
	6 mm (S1)	2 mm (S2)	
70	142,36	191,65	0,74281
55	98,06	116,78	0,83970

Berdasarkan tabel 3 nilai rasio ROI S1/S2 yang digunakan untuk menghitung kVp yang terukur dengan mensubstitusikan ke dalam persamaan pada (1), hasilnya diperlihatkan di tabel 4.

Tabel 4. Data Perhitungan kVp Terukur

Tegangan set (kV)	Rasio	Tegangan terukur (kVp)	%Error
70	0,74281	66,21	5,42
55	0,83970	58,95	-7,18

Pada tabel 4 dapat dilihat nilai kVp yang terukur pada tegangan 70 kV dan 55 kV masing-masing adalah 66,21 dan 58,95 kV atau memiliki nilai *error* masing-masing sebesar 5,42% dan -7,18%. Nilai tersebut masih berada dalam toleransi persyaratan lolos uji pesawat sinar-X Fluoroskopi, yaitu dengan *error max* $\leq 10\%$. Dengan kata lain alat tersebut dalam keadaan handal. Berdasarkan *American Association of Physicist in Medicine* (AAPM), nilai *error* hasil pengukuran kVp berada di luar batas toleransi yaitu $\pm 5\%$.

Nilai *error* dari kedua alat pesawat sinar-X menunjukkan bahwa keluaran tegangan yang terukur masih memenuhi standar dan handal untuk digunakan, karena nilai *error* masih dibawah batas yang telah ditentukan yaitu $\leq 10\%$. Pesawat sinar-X Simulator dengan pengukuran menggunakan kV meter langsung diperoleh akurasi tegangan yang lebih baik, dibandingkan pesawat sinar-X Fluoroskopi dengan pengukuran kV meter tidak langsung. Hal tersebut ditunjukkan pada tabel 1 pengukuran kV meter langsung masing-masing kV diperoleh nilai *error* yang lebih kecil dibandingkan dengan pengujian kV meter tidak langsung tabel 4.

KESIMPULAN

Nilai rasio ROI dari filter dengan ketebalan 6 mm dan 2 mm sebanding dengan tegangan (kV). Semakin besar nilai rasio ROI maka tegangan yang terukur pada *imaging plate* juga akan semakin besar. Oleh karena itu, tegangan yang dibutuhkan untuk menembus suatu objek juga akan semakin besar, sehingga akan menghasilkan energi sinar-X yang besar. Nilai kVp yang terukur pada *imaging plate* pada penyinaran 70 kV dengan menggunakan pesawat sinar-X Fluoroskopi adalah 66,21 kV dan nilai *error* 5,41%. Sedangkan pada penyinaran 55 kV nilai kVp yang terukur adalah 58,95 kV dengan nilai *error* -7,18%.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Fajrin, H. R., Rahmat, Z., & Sukwono, D. 2019. Kilovolt Peak Meter Design As A Calibrator Of X-Ray Machine. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 9(4), 2328-2335.

- 2 Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No 9. 2011. *Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta: BAPETEN.
- 3 Aryani, A. I., Nugroho, I. K., & Nurcahyo, P. W. 2016. Pengujian Akurasi kVp Dan Linieritas Pada Pesawat Sinar-X di Laboratorium Prodi Diploma III Teknik Radiodiagnostik Dan Radioterapi Purwokerto, *Journal Imaging Diagnostik*, 2(2), 172-174.
- 4 Mubarok, M. A., Yulianto., & Indrato, B. 2018. *Scintillator X-Ray kV Meter*. Seminar Tugas Akhir: Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya.
- 5 Ulgen, Y., & Tumer, M. 2011. Design of a Microcontroller Based and X-Ray Waveform Independent kVp-Meter. *American Journal of Biomedical Engineering*, 1(1), 41-43.
- 6 Taha, M. T. 2015. Study The Quality Assurance Of Conventional X-Ray Machine Using Non-Invasive KV Meter. *International Journal Of Science And Research (IJSR)*. 4(3). 372-375.
- 7 Sartinah., Sumariyah., & Ayu, N. 2008. Variasi Nilai Eksposi Aturan 15 Persen pada Radiografi Menggunakan Imaging Plate untuk Mendapatkan Kontras Tertinggi. *Berkala Fisika*, 11(2), 45-52.
- 8 Jannah, N., Armyanah, B., & Abdullah B. 2014. Analisis Kurva Karakteristik Image Plate Computed Radiography (CR) Sebagai Indikator Sensitifitas Terhadap Sinar-X. *Prosiding Seminar Nasional Geofisika*, 200-206.
- 9 Shetty, C. M., Barthur, A., Kambadakone, A., Narayanan, N., & Kv, Rajagopal. 2011. Computed Radiography Image Artifacts Revisited. *American Roentgen Ray Society*, 196, 37-47.