

Optimalisasi Penggunaan Variasi Filter Pada Pesawat Sinar-X *Mobile* Guna Mencapai Nilai *Entrance Skin Exposure (ESE)* Sesuai Organ Pemeriksaan

Oki Dewi Pamungkas¹, Utari², Suharyana³, Riyatun⁴, Nining Hargiani⁵

^{1,2,3,4} Program Studi S1 Fisika, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No. 36 Ketingan, Surakarta

⁵ Loka Pengamanan Fasilitas Kesehatan; Komplek RC., Jl. Kolonel Sutarto, Jebres, Kec. Jebres, Kota Surakarta 57126

Email : oki_depa@student.uns.ac.id

Abstract: *This study was to determine the effect of variations in the type and thickness of the filter on the ESE and HVL values. The use of filters aims to eliminate low energy X-rays, increase effective energy, and reduce dose acceptance to patients. This variation of Al with Cu and Al with Zn filters uses a voltage (70, 80, and 90) kV, 20 mAs, 100 cm SSD, and an irradiation field area of 10 cm x 10 cm. The result of measuring the consistency of the X-ray tube voltage has the largest error value of 4.93%. At a voltage of 90 kV, the measurement results of the variation of Al filter with Cu thickness of 0.2 mm and 0.3 mm and Al filter with Zn thickness of 0.25 mm and 0.50 mm are within the tolerance limits of the thorax examination organ. While the measurement results of the Al filter variants with a Cu thickness of 0.4 mm and an Al filter with a Zn thickness of 0.75 mm are within the tolerance limit of the cranium examination organ. The ESE half value can use 3.03 mm Al, equivalent to 0.135 mm Cu or 0.22 mm Zn.*

Keywords: *Filters, X-rays, ESE, HVL, voltage*

Abstrak: Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi jenis dan ketebalan filter terhadap nilai ESE dan HVL. Penggunaan filter bertujuan untuk mengeliminasi sinar-X energi rendah, meningkatkan energi efektif, dan mengurangi penerimaan dosis pada pasien. Variasi filter Al dengan Cu dan Al dengan Zn ini menggunakan tegangan (70, 80, dan 90) kV, 20 mAs, SSD 100 cm, dan luas lapangan penyinaran 10 cm x 10 cm. Hasil pengukuran konsistensi tegangan tabung sinar-X memiliki nilai *error* terbesar 4,93%. Pada tegangan 90 kV hasil pengukuran variasi filter Al dengan Cu ketebalan 0,2 mm dan 0,3 mm dan filter Al dengan Zn ketebalan 0,25 mm dan 0,50 mm dalam batas toleransi organ pemeriksaan *thorax*. Sedangkan hasil pengukuran variasi filter Al dengan Cu ketebalan 0,4 mm dan filter Al dengan Zn ketebalan 0,75 mm dalam batas toleransi organ pemeriksaan *cranium*. Nilai setengah ESE dapat menggunakan 3,03 mm Al, setara dengan 0,135 mm Cu atau 0,22 mm Zn.

Kata kunci: Filter, sinar-X, ESE, HVL, tegangan

1. PENDAHULUAN

Pemeriksaan radiologi merupakan pemeriksaan dengan menggunakan teknologi pencitraan untuk mendiagnosa suatu penyakit. Pemeriksaan radiologi ini memanfaatkan radiasi pengion yaitu sinar-X. Ketika radiasi sinar-X menembus bahan atau materi, maka sinar-X akan berinteraksi dengan atom dan menghasilkan ionisasi (Hiswara, 2015).

Sinar-X memiliki energi yang bergantung dari tegangan pemercepat elektron yang dipasang antara anoda dan katoda. Tegangan tersebut yang akan mempengaruhi energi dan daya tembus sinar-X. Daya tembus akan semakin besar apabila tegangan kerjanya juga besar. Berkas sinar-X medis memiliki spektrum kontinu, artinya pada berkas mengandung sinar-X energi tinggi dan energi rendah. Efek dari sinar-X energi rendah pada obyek organ dapat berupa deterministik atau stokastik (Leong *et al.*, 2016).

Penggunaan *Half Value Layer* (HVL) atau nilai tebal paruh untuk menyatakan ukuran kualitas sinar-X. HVL merupakan ketebalan bahan penyerap untuk menguangi besarnya intensitasi sinar-X menjadi setengah dari intensitas semula. Semakin tinggi nilai HVL maka daya tembus sinar-X juga semakin tinggi, dan sebaliknya. Jika radiasi dengan intensitas mula-mula (I_0) melewati bahan dengan ketebalan (x) dan koefisien serapan (μ), maka intensitas yang lolos (I) :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \tag{1}$$

Kemudian apabila intensitas radiasi setelah melewati bahan tinggal setengah dari intensitas mula-mula, maka tebal bahan tersebut adalah HVL :

$$\mu = \frac{0,693}{\text{HVL}} \tag{2}$$

Untuk mengurangi intensitas radiasi menjadi setengah dari intensitas semula atau HVL maka membutuhkan suatu bahan yaitu filter. Filter yang optimal adalah yang dapat menyerap energi sinar-X rendah sehingga hanya sinar-X dengan energi tinggi yang lolos. Dengan demikian pasien juga akan menerima dosis serendah mungkin (Azam *et al.*, 2017).

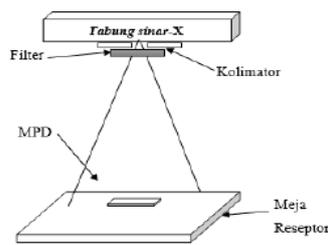
Dosis pasien pada pemeriksaan radiodiagnostik secara umum ada 3 cara, yaitu paparan pada permukaan kulit atau *Entrance Skin Exposure* (ESE), paparan pada organ reproduktif atau *the gonodal dose*, dan dosis pada sumsum tulang atau *a mean marrow dose*. ESE merupakan paparan pada pusat sumbu sinar-X dimana titik tersebut adalah daerah yang akan terkena radiasi (Dhahryan & Much., 2009).

Tabel 1. Nilai ESE pada Organ Pemeriksaan (Sprawls,1995)

Pemeriksaan	ESE (mGy)
<i>Cranium</i>	0,348 – 0,522
<i>Thorax (PA)</i>	0,087 – 0,26
<i>Thorax (Lateral)</i>	0,435 – 0,87
<i>Abdomen</i>	0,87 – 3,5
<i>Columna vertebralis (Lateral)</i>	4,35 – 13,04
<i>Pelvis</i>	2,17 – 4,35

2. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat sinar-X *mobile* Toshiba, detektor Piranha dengan *Detector* (s): MPD S / N MP2-15040488 dan Meter (s): Piranha S / N CB2-15040486, *waterpass*, *survey meter*, dan laptop yang terinstal *software ocean*. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu variasi jenis dan ketebalan filter, dimana Al merupakan filter bawaan dari pesawat sinar-X *mobile* dan filter tambahan yaitu filter Cu (0,2; 0,3; dan 0,4) mm dan Zn (0,25; 0,50; dan 0,75) mm. Variasi tegangan yang digunakan (70, 80, dan 90) kV, 20 mAs, SSD 100 cm, dan luas lapangan penyinaran 10 cm x 10 cm. Dari data set kemudian didapatkan nilai ESE dan HVL yang kemudian dibuat grafik hubungan yaitu grafik hubungan tegangan terhadap ESE, ketebalan terhadap ESE, dan tegangan terhadap HVL. Kemudian ditentukan nilai HVL untuk masing-masing filter yang digunakan tersebut dengan menggunakan persamaan (1) dan (2).



Gambar 1. Pengukuran ESE dan HVL (Litasova dkk., 2018)

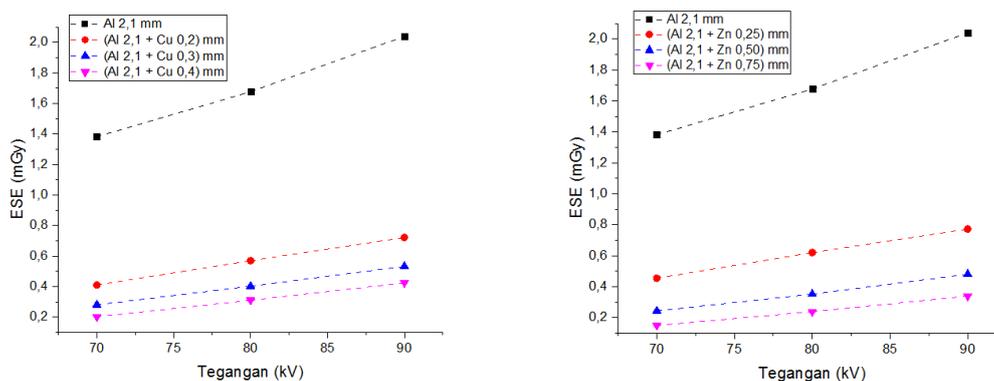
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Nilai Error untuk Tegangan Tabung tanpa Filter

Tegangan (kV)	Error (%)
70	4,93
80	4,67
90	3,93

Penelitian pertama yaitu penentuan konsistensi tegangan tabung tanpa filter dari pesawat sinar-X *mobile*. Penelitian sesuai data set dan variasi tegangan (70, 80, dan 90) kV. Berdasarkan nilai *error* pada tabel 2. maka pesawat sinar-X *mobile* masih di bawah batas toleransi yaitu $\pm 10\%$. Berdasarkan hal tersebut maka dapat berkesimpulan bahwa kinerja pesawat sinar-X *mobile* masih dalam keadaan baik.

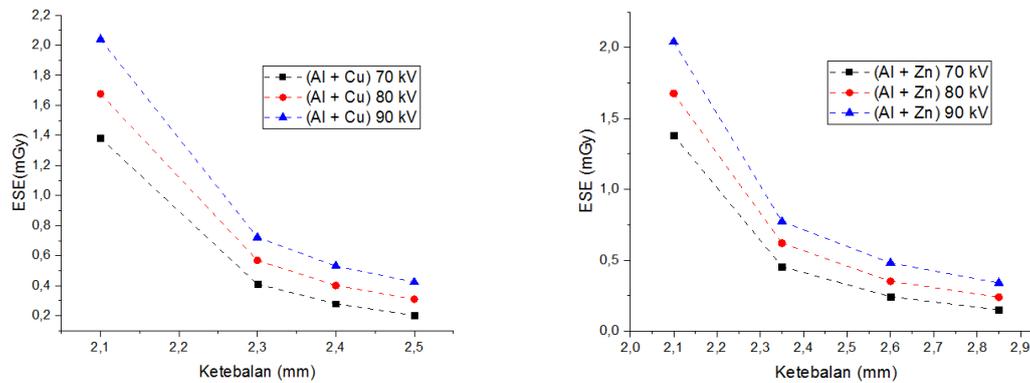
Penelitian selanjutnya yaitu dengan penggunaan variasi jenis dan ketebalan filter. Nilai dari masing-masing jenis filter tersebut selanjutnya untuk membuat grafik hubungan. Grafik hubungan yang pertama yaitu tegangan terhadap ESE. Variabel bebas atau sumbu x adalah nilai tegangan dan variabel terikat atau sumbu y adalah nilai ESE.



Gambar 2. Grafik Hubungan Tegangan terhadap ESE a) Al dan Cu b) Al dan Zn

Berdasarkan gambar 2. a) dan b) maka terlihat bahwa untuk filter Al dan Cu maupun Al dan Zn sama, semakin besar nilai tegangan tabung maka semakin besar pula nilai ESE. Besarnya nilai ESE meningkat sebanding dengan kenaikan tegangan tabung sinar-X. Hal ini terjadi karena besarnya intensitas sinar-X berbanding lurus dengan kuadrat tegangan tabung. Dengan demikian, setiap kenaikan nilai tegangan tabung dengan arus waktu konstan, hal ini akan meningkatkan nilai intensitas radiasi, dan kenaikan intensitas radiasi akan berdampak pada kenaikan ESE.

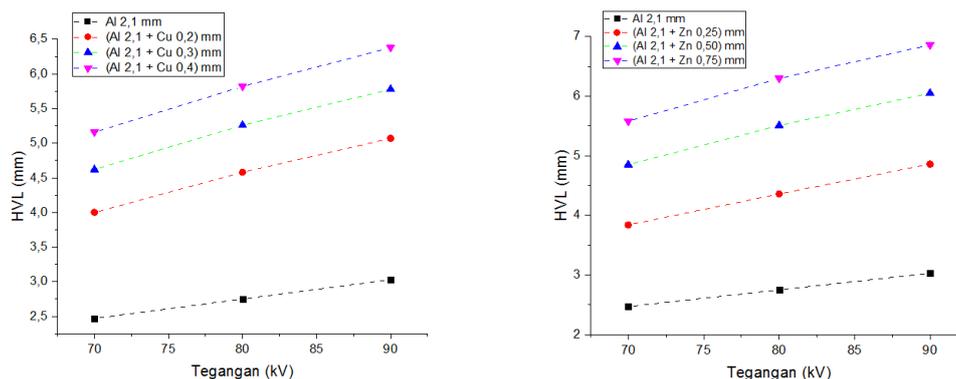
Dari kedua gambar tersebut juga terlihat bahwa variasi filter Al dan Zn menghasilkan nilai ESE paling besar yaitu 0,772 mGy. Nilai tersebut pada tegangan terbesar 90 kV dan ketebalan terkecil 0,25 mm. Hal ini dikarenakan bahan Al dan Zn menyerap berkas sinar-X tidak sebanyak filter dengan bahan Al dan Cu. Al dan Zn juga memiliki massa jenis terkecil daripada Cu yaitu massa jenis Al sebesar 2,7 g/cm³ dan Zn 7,13 g/cm³ sementara Cu 8,96 g/cm³.



Gambar 3. Grafik Hubungan Ketebalan terhadap ESE a) Al dan Cu b) Al dan Zn

Gambar 3. a) dan b) memperlihatkan bahwa semakin tebal filter maka penyerapan berkas sinar-X semakin besar, sehingga nilai ESE akan semakin menurun. Penyerapan ESE dengan kombinasi filter Al dengan Zn ialah paling sedikit daripada dengan filter Al dengan Cu, hal ini karena massa jenis Al yaitu 2,7 g/cm³ dan Zn 7,13 g/cm³ sementara Cu 8,96 g/cm³.

Berdasarkan referensi dari (Sprawls, 1995) maka dari data hasil penelitian dipilih salah satu tegangan yaitu 90 kV. Dari tegangan tersebut terlihat bahwa penggunaan variasi filter Al dengan Cu ketebalan 0,2 mm dan 0,3 mm dan filter Al dengan Zn ketebalan 0,25 mm dan 0,50 mm dalam batas toleransi untuk organ pemeriksaan thorax yaitu (0,087-0,87) mGy. Sedangkan variasi filter Al dengan Cu ketebalan 0,4 mm dan filter Al dengan Zn ketebalan 0,75 mm dalam batas toleransi untuk organ pemeriksaan cranium (0,348-0,522) mGy.



Gambar 4. Grafik Hubungan Tegangan terhadap HVL a) Al dan Cu b) Al dan Zn

Berdasarkan gambar 4. a) dan b) maka terlihat hubungan tegangan terhadap nilai HVL. Nilai paruh akan semakin besar jika tegangan tabung sinar-X semakin besar faktor eksposinya, sehingga membutuhkan ketebalan filter yang semakin besar pula. Massa jenis pada bahan sebagai kombinasi filter mempengaruhi penyerapan sinar-X. Semakin besar massa jenis bahan maka semakin besar penyerapan sinar-X. Oleh karena itu memerlukan ketebalan bahan yang lebih sedikit pada massa jenis yang lebih besar.

Dari kedua gambar grafik hubungan tersebut juga tampak bahwa kenaikan tegangan mengakibatkan kenaikan nilai HVL terukur. Hal ini dikarenakan kenaikan tegangan tabung akan mempercepat elektron yang menumbuk target, sehingga sinar-X yang diproduksi memiliki energi yang lebih tinggi. Energi sinar-X yang lebih tinggi menyebabkan daya tembusnya juga mengalami kenaikan. Sehingga nilai HVL juga mengalami kenaikan. Tampak dari grafik bahwa kenaikan nilai HVL relatif linear.

Tabel 3. Nilai HVL Al, Cu, dan Zn

Tegangan (kV)	Nilai Paruh ESE (mGy)	HVL Al (mm)	HVL Cu (mm)	HVL Zn (mm)
70	0,69	$2,47 \pm 0,28$	$0,20 \pm 0,04$	$0,33 \pm 0,05$
80	0,84	$2,75 \pm 0,28$	$0,24 \pm 0,04$	$0,39 \pm 0,05$
90	1,02	$3,03 \pm 0,28$	$0,27 \pm 0,04$	$0,44 \pm 0,05$

Sebagaimana terlihat pada Tabel 3. nilai HVL untuk masing-masing filter yaitu Al, Cu, dan Zn. Berdasarkan Tabel 2. terlihat bahwa peningkatan faktor paparan tegangan tabung sinar-X akan menyebabkan peningkatan nilai setengah ESE. Untuk mencapai nilai setengah ESE pada tegangan tabung 90 kV membutuhkan filter Al sebesar $3,03 \pm 0,28$ mm. Nilai tersebut akan setara dengan penggunaan filter Cu setebal $0,135 \pm 0,04$ mm atau filter Zn $0,22 \pm 0,05$ mm. Kepadatan bahan filter berpengaruh pada penyerapan intensitas sinar-X dimana intensitas yang diserap filter Cu adalah yang terbesar daripada dengan kedua filter yang lainnya. Sehingga akan terjadi penyerapan sinar-X lebih banyak jika menggunakan filter Cu dengan ketebalan $0,135 \pm 0,04$ mm dan penggunaan filter Zn dengan tebal $0,22 \pm 0,05$ mm untuk penyerapan yang lebih sedikit.

4. KESIMPULAN

Penggunaan variasi filter Cu ketebalan 0,2 mm dan 0,3 mm serta filter Zn ketebalan 0,25 mm dan 0,50 mm dalam batas toleransi untuk pemeriksaan organ *thorax* (0,087-0,87) mGy. Sedangkan variasi filter Cu ketebalan 0,4 mm dan filter Zn ketebalan 0,75 mm dalam batas toleransi untuk pemeriksaan organ *cranium* (0,348-0,522) mGy. Setengah nilai ESE pada tegangan 90 kV dapat diperoleh menggunakan filter $3,03 \pm 0,28$ mm Al. Nilai tersebut juga setara dengan menggunakan filter $0,135 \pm 0,04$ mm Cu atau $0,22 \pm 0,05$ mm Zn.

5. SARAN

Penelitian dengan variasi jenis filter lebih baik menggunakan bahan yang memiliki kepadatan yang tidak jauh berbeda. Bahan Cu dan Zn dapat berguna sebagai bahan filter alternatif selain filter Al pada pesawat sinar-X.

DAFTAR PUSTAKA

Azam, M., Evi, S., & Fenia. (2017). Measurement of Entrance Skin Exposure (ESE) Value with Various Types of Filter Materials on Mobile X-Ray Machine Using Exposure Factor of Chest. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)*, 4, 33-36.

Dhahryan., & Much, A. (2009). Pengaruh Teknik Tegangan Tinggi Terhadap Entrance Skin Exposure (ESE) dan Laju Paparan Radiasi Hambur Pada Pemeriksaan Abdomen. *Berkala Fisika*, 12(1), 21-26.

Hiswara, E. (2015). *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Jakarta

Selatan : BATAN Press.

- Leong, D. L., Louise, R., Wei, Z., & Patrick, C. B. (2016). IEC 61267 : Feasibility of Type 1100 Aluminium and A Copper/Aluminium Combination for RQA Beam Qualities. *Physica Medica*, 32, 141-149.
- Litasova, S., Eko, H., & Muchamad, A. (2018). Pengaruh Ketebalan dan Kombinasi Jenis Filter terhadap Nilai *Entrance Skin Exposure* (ESE) menggunakan Faktor Eksposi Pemeriksaan Kepala. *Youngster Physics Journal*, 7(2), 67-75.
- Yunitasari, H. D., Evi, S., & Choirul, A. (2014). Evaluasi Metode Penentuan *Half Value Layer* (HVL) Menggunakan *Multi Purpose Detectore* (MPD) Baracuda pada Pesawat Sinar-X *Mobile*. *Youngster Physics Journal*, 3(2), 113-118.