

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. D. Figueroa, *et.al.* “The Impact of the Covid-19 Pandemic on Breast Cancer Early Detection and Screening”. *Preventive Medicine*, Vol. 151:1-7, 2021
- [2] R. A. Rauf, S. D. Astuty, S. Dewang dan Mulyadin. “Pengaruh Faktor Eksposi dan Tebal Fantom Terhadap Mean Glandular Dose (MGD) pada Pesawat Sinar-X Mammografi”. *Berkala Fisika*, Vol.23, No.3:83-90, 2020.
- [3] A. Mutmainna, S. D. Astuty, S. Dewang dan Mulyadin. “Uji Kesesuaian Standar Nilai HVL Filter Aluminium pada Pesawat Sinar-X Mammografi: Studi Kasus di Ruang Instalasi Radiologi RS. Siloam Makassar”. *Berkala Fisika*, Vol.23, No.1:17-25, 2020.
- [4] L. Sidauruk, H. A. Sianturi, M. Rianna, T. Sembiring dan D. A. Barus. “Determinan of Half Value Layer (HVL) Value on X-Rays Radiography with using Aluminium, Copper and Lead (Al, Cu, and Sn) Attenuators”. *Journal of Physics:Conference Series*: 1-6, 2018.
- [5] L. R. Sitompul, E. Yenie dan S. Elystia. “Pemanfaatan Logam Aluminium (Al) pada Kaleng Minuman Soda Menjadi Tawas”. *Jom FTEKNIK*, Vol.4, No.1:1-6, 2017.
- [6] T. Budiawati, C. Anam dan E. Setiawati. “Simulasi Pengaruh Kombinasi Target Filter Tambahan terhadap Spektrum sinar-X pada Tabung Pesawat Mammografi dengan Program EGSnrc.” *Journal Sains dan Matematika*, Vol.19, No.1:1-6, 2011.
- [7] M. Fakhurreza dan P. K. Majidah. “Pengaruh banyaknya Radiasi dan Perubahan Energi Sinar-x terhadap Peningkatan Pembentukan Radikal Bebas pada Air.” *Journal of Health Studies*, Vol.2, No.1:34-40, 2018.
- [8] R. Anggarini, M. Muslim dan A. Mutanto. “Analisis Sebaran Radiasi Hambur di Sekitar Pesawat Sinar-x pada Pemeriksaan Tomografi Ginjal.” *Jurnal Ilmiah GIGA*, Vol.17, No.2:63-69, 2014
- [9] A. Fahmi, K. S. Firdaus dan W. S. Budi. “Pengaruh Faktor Eksposi pada Pemeriksaan Abdomen terhadap Kualitas Radiograf dan Paparan Radiasi

- Menggunakan Computed Radiography.” *Berkala Fisika*, Vol.11, No.4:109-118, 2008.
- [10] H. A. Sianturi, M. Rianna, T. Sembiring dan M. Situmorang. “Pengukuran dan Analisis Dosis Radiasi Keluaran pada Pesawat Sinar-X yang Berusia Lebih dari 10 Tahun pada Rumah Sakit di kota Medan”. *Journal of Aceh Physics Society*, Vol.7, No.1:1-5, 2018.
- [11] M. Akhadi. *Sinar-x Menjawab Masalah Kesehatan*. Deepublish, Yogyakarta, 2020.
- [12] F. Susanti, C. Anam dan E. Setiawati. “Penentuan Entrance Skin Exposure (ESE) pada Pesawat Mammografi Mammomat 1000 dengan Filter Molybdenum (Mo) dan rhodium (Rh)”. *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol.22, No.1:20-24, 2014.
- [13] D. Kartika Lestari. *Studi Penentuan Kualitas Berkas Radiasi Pesawat Sinar-X Mammografi di RSUD Kota Makassar*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin, Makassar, 2017.
- [14] M. Sinaga dan D. Limbong. *Dasar Epidemiologi*. Deepublish Publisher, Yogyakarta, 2019.
- [15] Y. Meidiansyah, Z. Arifin dan M. I. Shofar. “Pengembangan Aplikasi Rekam Dosis untuk Pemeriksaan Payudara dengan Pesawat Sinar-X Mamografi Berbasis Web Service”. *Seminar Keselamatan Nuklir*, hal. 28-34, Semarang, 2017.
- [16] Kristiyanti, B. Santoso, Rahmat dan M. Subhan. “Kajian Keselamatan Radiasi dalam Perancangan Pesawat Sinar-x Mamografi”. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Perekayasaan Perangkat Nuklir*, hal-181-190, Batan, 2013
- [17] B. Santoso, Sukandar, Romadhon dan Kristiyanti. “Perancangan Pesawat sinar-x Mamografi Digital.” *Prosiding Pertemuan Ilmiah Perekayasaan Perangkat Nuklir*, hal:166-179, Batan, 2013.
- [18] D. D. Kusumawati. “Pengukuran Kualitas Berkas Radiasi Pesawat Sinar-X Mamografi untuk Jaminan Kualitas”. *Prosiding Pertemuan & Presentasi Ilmiah Fungsional Teknis Non Peneliti*, hal.42-49, Batan, 2006.

- [19] H. D. Yunitasari, E. Setiawati dan C. Anam. "Evaluasi Metode Penentuan Half Value Layer (HVL) menggunakan Multi Purpose Detector (MPD) Barracuda pada Pesawat sinar-X Mobile." *Youngster Physics Journal*, Vol.3, No.2: 113-118, 2014.
- [20] Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Peraturan BAPETEN Republik Indonesia No. 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Dianostik dan Intervensional, 2018.
- [21] S. Mulyadi dan F. Halawa. "Karakterisasi Sifat Mekanis Kaleng Minuman (Larutan Lasegar, Pocari Sweat dan Coca-Cola)." *Jurnal Ilmu Fisika*, Vol.03, No.2: 68-74, 2011.
- [22] E. Sparzinanda, Nehru dan Nurhidayah. "Pengaruh Faktor Eksposi terhadap Kualitas Citra Radiografi." *Journal Online of Physics*, Vol.3, No.1:14-22, 2017
- [23] M. J. Yaffe et al. *Equipment Requirements and Quality Control for Mammography*. American Institute of Physics, New York, 1990.
- [24] R. Arsanto. *Perbandingan Detail Citra dan Dosis Radiasi dengan Menggunakan Image Plate Computed Radiografi terhadap Retrofit Panel Detector pada Pesawat Mamografi Analog*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jakarta, 2020.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel data Pengukuran Nilai HVL

1.1 Pengukuran dosis tanpa filter untuk mendapatkan nilai setengah dosis awal

($D_0/2$)

No.	Tegangan (kV)	Arus (mAs)	D_0 (mGy)			Rata-rata(mGy)	$D_0/2$ (mGy)
1.	25	50	3,766	3,772	3,766	3,768	1,884
2.	27		4,785	4,783	4,791	4,786	2,393
3.	29		5,938	5,932	5,928	5,932	2,966
4.	31		7,185	7,197	7,194	7,192	3,596
5.	33		8,494	8,497	8,506	8,499	4,249

1.2 Data pengukuran untuk mendapatkan nilai HVL menggunakan filter aluminium standar

No	Tegangan (kV)	D_0 (mGy)	$D_0/2$ (mGy)	D_a (mGy)	D_b (mGy)	t_a (mm)	t_b (mm)	Nilai HVL (mm)	Batas Nilai HVL	
									Min.	Maks
1.	25	3,768	1,844	1,996	1,814	0,267	0,318	0,28	0,28	0,37
2.	27	4,786	2,393	2,640	2,086	0,318	0,322	0,32	0,30	0,39
3.	29	5,932	2,966	3,082	2,833	0,322	0,373	0,34	0,32	0,41
4.	31	7,192	3,596	3,827	3,538	0,322	0,373	0,36	0,34	0,43
5.	33	8,499	4,249	4,278	3,970	0,373	0,424	0,36	0,36	0,45

1.3 Data pengukuran untuk mendapatkan nilai HVL menggunakan filter aluminium uji

No.	Tegangan (kV)	D_0 (mGy)	$D_0/2$ (mGy)	D_a (mGy)	D_b (mGy)	t_a (mm)	t_b (mm)	Nilai HVL (mm)	Batas Nilai HVL	
									Min.	Maks.
1.	25	3,768	1,844	2,019	1,679	0,27	0,36	0,30	0,28	0,37
2.	27	4,786	2,393	2,642	2,301	0,27	0,36	0,33	0,30	0,39
3.	29	5,932	2,966	3,002	2,618	0,36	0,45	0,36	0,32	0,41
4.	31	7,192	3,596	3,774	3,235	0,36	0,45	0,38	0,34	0,43
5.	33	8,499	4,249	4,512	3,975	0,36	0,45	0,40	0,36	0,45

Lampiran 2. Perhitungan nilai batas toleransi minimum, maksimum dan nilai HVL

2.1 Nilai batas minimum

No.	Tegangan (kV)	Toleransi Minimum (mm)
1.	25	0,28
2.	27	0,30
3.	29	0,32
4.	31	0,34
5.	33	0,36

2.2 Nilai batas maksimum

No.	Tegangan (kV)	Toleransi Maksimum (mm)
1.	25	0,37
2.	27	0,39
3.	29	0,41
4.	31	0,43
5.	33	0,45

a. Perhitungan nilai batas minimum dan maksimum nilai HVL

$$0,01(kVp) + 0,03 \leq HVL \leq 0,01(kVp) + c$$

Nilai c dalam hal ini sebesar 0,12 karena menggunakan target filter *Molybdenum* (Mo/Mo)

Tegangan 25 kV

$$HVL = (0,01 \times kVp) + 0,03$$

$$\begin{aligned} &= (0,01 \times 25) + 0,03 \\ &= 0,28 \quad \text{(Batas Minimum)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,12 \\ &= (0,01 \times 25) + 0,12 \\ &= 0,37 \quad \text{(Batas Maksimum)} \end{aligned}$$

Jadi, batas toleransi yang dapat diterima untuk tegangan 25 kV:

$$\mathbf{0,28 \leq HVL \leq 0,37}$$

Tegangan 27 kV

$$\begin{aligned} HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,03 \\ &= (0,01 \times 27) + 0,03 \\ &= 0,30 \quad \text{(Batas Minimum)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,12 \\ &= (0,01 \times 27) + 0,12 \\ &= 0,39 \quad \text{(Batas Maksimum)} \end{aligned}$$

Jadi, batas toleransi yang dapat diterima untuk tegangan 27 kV:

$$\mathbf{0,30 \leq HVL \leq 0,39}$$

Tegangan 29 kV

$$\begin{aligned} HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,03 \\ &= (0,01 \times 29) + 0,03 \\ &= 0,32 \quad \text{(Batas Minimum)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,12 \\ &= (0,01 \times 29) + 0,12 \\ &= 0,41 \quad \text{(Batas Maksimum)} \end{aligned}$$

Jadi, batas toleransi yang dapat diterima untuk tegangan 29 kV:

$$\mathbf{0,32 \leq HVL \leq 0,41}$$

Tegangan 31 kV

$$\begin{aligned}HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,03 \\&= (0,01 \times 31) + 0,03 \\&= 0,34 \quad \text{(Batas Minimum)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,12 \\&= (0,01 \times 31) + 0,12 \\&= 0,43 \quad \text{(Batas Maksimum)}\end{aligned}$$

Jadi, batas toleransi yang dapat diterima untuk tegangan 31 kV:

$$0,34 \leq HVL \leq 0,43$$

Tegangan 33 kV

$$\begin{aligned}HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,03 \\&= (0,01 \times 33) + 0,03 \\&= 0,36 \quad \text{(Batas Minimum)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}HVL &= (0,01 \times kVp) + 0,12 \\&= (0,01 \times 33) + 0,12 \\&= 0,45 \quad \text{(Batas Maksimum)}\end{aligned}$$

Jadi, batas toleransi yang dapat diterima untuk tegangan 33 kV:

$$0,36 \leq HVL \leq 0,45$$

b. Perhitungan nilai HVL untuk filter asli pesawat mamografi

$$HVL = \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)}$$

Tegangan 25 kV

$$HVL = \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,318 \ln(2(1,996/3,768)) - 0,267 \ln(2(1,814/3,768))}{\ln(1,996/1,814)} \\
&= \frac{0,318 \ln(1,058) - 0,267 \ln(0,962)}{0,095} \\
&= \frac{0,318(0,056) - 0,267(-0,038)}{0,095} \\
&= \frac{0,017 + 0,010}{0,095} \\
&= 0,28 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tegangan 27 kV

$$\begin{aligned}
HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\
&= \frac{0,322 \ln(2(2,640/4,786)) - 0,318 \ln(2(2,086/4,786))}{\ln(2,640/2,086)} \\
&= \frac{0,322 \ln(1,102) - 0,318 \ln(0,87)}{0,235} \\
&= \frac{0,322(0,097) - 0,318(-0,139)}{0,235} \\
&= \frac{0,031 + 0,044}{0,235} \\
&= 0,32 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tegangan 29 kV

$$\begin{aligned}
HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\
&= \frac{0,373 \ln(2(3,082/5,932)) - 0,322 \ln(2(2,833/5,932))}{\ln(3,082/2,833)} \\
&= \frac{0,373 \ln(1,038) - 0,322 \ln(0,954)}{0,083} \\
&= \frac{0,322(0,037) - 0,322(-0,047)}{0,083} \\
&= \frac{0,013 + 0,015}{0,083}
\end{aligned}$$

$$= 0,34 \text{ mm}$$

Tegangan 31 kV

$$\begin{aligned} HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\ &= \frac{0,373 \ln(2(3,827/7,192)) - 0,322 \ln(2(3,538/7,192))}{\ln(3,827/2,538)} \\ &= \frac{0,373 \ln(1,064) - 0,322 \ln(0,982)}{0,077} \\ &= \frac{0,322(0,062) - 0,322(-0,018)}{0,077} \\ &= \frac{0,023 + 0,005}{0,077} \\ &= 0,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tegangan 33 kV

$$\begin{aligned} HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\ &= \frac{0,424 \ln(2(4,278/8,499)) - 0,373 \ln(2(3,970/8,499))}{\ln(4,278/3,970)} \\ &= \frac{0,424 \ln(1,006) - 0,373 \ln(0,934)}{0,074} \\ &= \frac{0,424(0,005) - 0,373(-0,068)}{0,074} \\ &= \frac{0,002 + 0,025}{0,074} \\ &= 0,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan nilai HVL untuk filter dari kaleng aluminium bekas

$$HVL = \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)}$$

Tegangan 25 kV

$$\begin{aligned}HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\&= \frac{0,36 \ln(2(2,019/3,768)) - 0,27 \ln(2(1,679/3,768))}{\ln(2,019/1,679)} \\&= \frac{0,36 \ln(1,07) - 0,27 \ln(0,89)}{0,183} \\&= \frac{0,36(0,067) - 0,27(-0,116)}{0,183} \\&= \frac{0,024 + 0,031}{0,183} \\&= 0,30 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tegangan 27 kV

$$\begin{aligned}HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\&= \frac{0,36 \ln(2(2,642/4,786)) - 0,27 \ln(2(2,301/4,786))}{\ln(2,642/2,301)} \\&= \frac{0,36 \ln(1,104) - 0,27 \ln(0,96)}{0,138} \\&= \frac{0,36(0,098) - 0,27(-0,040)}{0,138} \\&= \frac{0,035 + 0,010}{0,138} \\&= 0,33 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tegangan 29 kV

$$\begin{aligned}HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\&= \frac{0,45 \ln(2(3,002/5,932)) - 0,36 \ln(2(2,618/5,932))}{\ln(3,002/2,618)} \\&= \frac{0,45 \ln(1,012) - 0,36 \ln(0,882)}{0,136}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,45(0,011) - 0,36(-0,125)}{0,136} \\
&= \frac{0,004 + 0,045}{0,136} \\
&= 0,36 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tegangan 31 kV

$$\begin{aligned}
HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\
&= \frac{0,45 \ln(2(3,774/7,192)) - 0,36 \ln(2(3,235/7,192))}{\ln(3,774/3,235)} \\
&= \frac{0,45 \ln(1,048) - 0,36 \ln(0,898)}{0,153} \\
&= \frac{0,45(0,046) - 0,36(-0,107)}{0,153} \\
&= \frac{0,020 + 0,038}{0,153} \\
&= 0,38 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tegangan 33 kV

$$\begin{aligned}
HVL &= \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \\
&= \frac{0,45 \ln(2(4,512/8,499)) - 0,36 \ln(2(3,975/8,499))}{\ln(4,512/3,975)} \\
&= \frac{0,45 \ln(1,068) - 0,36 \ln(0,94)}{0,126} \\
&= \frac{0,45(0,065) - 0,36(-0,061)}{0,126} \\
&= \frac{0,029 + 0,021}{0,126} \\
&= 0,40 \text{ mm}
\end{aligned}$$