

UJI NILAI *HALF VALUE LAYER* (HVL) MENGGUNAKAN PELAT ALUMINIUM BEKAS PADA PESAWAT MAMOGRAFI DI RSUD SYEKH YUSUF GOWA

Siti Nurhayati¹, Sry Dewi Astuty^{2*}, Syamsir Dewang², Hikmawati³ dan Jumriah⁴

¹Mahasiswa Program Sarjana, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia

²Laboratorium Fisika Medik dan Biofisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Indonesia

³Instalasi Radiologi, Rumah Sakit Umum Daerah Syekh Yusuf Gowa, Indonesia

⁴Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Makassar, Indonesia

*Email: dewiastuti@fmipa.unhas.ac.id

Received: 4 Mei 2022; revised: 4 Juni 2022; accepted: 9 Juni 2022

ABSTRAK

Kualitas berkas radiasi adalah salah satu parameter penting yang perlu dikontrol pada pesawat mamografi dan merupakan energi efektif dari sinar-X yang diperlukan untuk menembus suatu objek yang disinari. Penelitian ini menguji dua jenis filter yaitu filter aluminium asli dan filter yang terbuat dari kaleng aluminium bekas untuk menentukan nilai *Half Value Layer* (HVL). Penelitian ini bertujuan untuk menguji kelayakan filter dari kaleng bekas dengan kemurnian aluminiumnya yaitu 96,827%. Metode yang digunakan adalah metode tidak langsung yaitu dengan melakukan perhitungan setelah penambahan maupun pengurangan tebal filter aluminium dengan variasi tegangan 29, 31, dan 33 kV dan arus waktu 50 mAs. Nilai HVL yang diperoleh filter aluminium asli berkisar antara 0,284-0,364 mmAl, sedangkan untuk filter dari kaleng aluminium bekas antara 0,300-0,396 mmAl. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa kaleng aluminium bekas layak untuk digunakan sebagai filter dalam pesawat sinar-X mamografi dan nilai HVL dari kedua jenis filter yang digunakan untuk setiap variasi tegangan tabung berada dalam batas toleransi yang ditentukan oleh BAPETEN.

Kata Kunci: Kualitas Berkas Radiasi, Mamografi, HVL, Kaleng Aluminium.

PENDAHULUAN

Kanker payudara merupakan salah satu kanker yang paling mematikan bagi wanita, dengan total 2,3 juta kasus baru dan mengalahkan kanker paru-paru sebagai kanker yang sering didiagnosis diseluruh dunia [1]. Data dari *Global Cancer Observatory* pada tahun 2018 dari *World Health Organization* (WHO), kanker payudara di Indonesia tercatat 58.256 kasus (16,7%) dari total kasus kanker lainnya. Data statistik menunjukkan kanker payudara mencapai angka 42,1 orang per

100 penduduk. Pesawat mamografi merupakan salah satu pesawat dari radiografi yang bekerja memerlukan radiasi sinar-X. Pesawat ini digunakan sebagai *screening* untuk mendiagnosis kanker payudara. Tegangan tabung yang digunakan dalam mamografi relatif lebih rendah yaitu <40 kVp disebabkan jaringan dari payudara merupakan jaringan yang lunak dan tipis. Kualitas berkas radiasi merupakan energi yang efektif dari sinar-X yang dibutuhkan untuk menembus suatu

objek yang dikenai suatu radiasi. Jenis material dan ketebalan filter yang digunakan untuk meminimalisir radiasi dalam mamografi telah ditentukan oleh BAPETEN dalam Peraturan nomor 2 Tahun 2018 yang telah menetapkan nilai standar yang harus dipenuhi berdasarkan nilai *Half Value Layer* (HVL) pada setiap tegangan tabung yang digunakan. HVL merupakan ketebalan suatu bahan yang bisa mengurangi paparan radiasi menjadi separuh dari nilai awalnya. Tegangan tabung dan jenis filter yang digunakan sangat berpengaruh terhadap nilai HVL. Semakin tinggi tegangan tabung, maka semakin besar energi sinar-X yang berarti membutuhkan filter yang cukup tebal supaya paparan sinar-X berkurang menjadi setengahnya [2].

Penelitian yang telah dilakukan oleh Sidauruk dkk. (2018) tentang perbandingan nilai HVL dengan menggunakan filter aluminium, tembaga dan timah menunjukkan bahwa dari ketiga jenis filter, yang paling baik lapisannya adalah aluminium dan tembaga, sedangkan timah tidak cocok sebagai filter untuk mengukur HVL pada sinar-X pada tegangan 50-90 kVp [3]. Selanjutnya Sitompul dkk. (2017) tentang pemanfaatan logam aluminium pada kaleng minuman soda menjadi tawas. Kadar aluminium yang didapatkan dari kaleng aluminium soda tersebut adalah 86% [4]. Terakhir oleh Mutmainna dkk. (2020) tentang uji kesesuaian standar nilai HVL pada mamografi dan didapatkan hasil nilai HVL untuk pengukuran tidak langsung yakni penambahan tebal filter aluminium secara bertahap dan pengukuran langsung masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh BAPETEN [2].

Filter pada pesawat mamografi merupakan bahan yang digunakan untuk mendapatkan kualitas berkas radiasi yang dibutuhkan dan ditempatkan di depan sumber radiasi sinar-X untuk mengurangi intensitas panjang gelombang tertentu sehingga sinar-X yang mempunyai panjang gelombang tinggi akan diserap oleh filter.

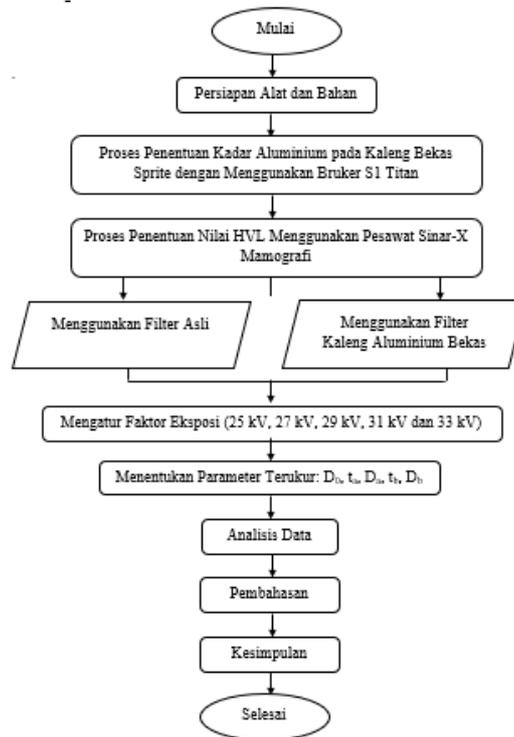
Salah satu kegunaan filter juga adalah untuk meminimalkan dosis yang diterima oleh pasien dan mengoptimalkan citra. Filter pada pesawat mamografi didesain dari bahan tertentu yang dapat menyerap berkas sinar-X secara kolektif. Sebab utama difilternya suatu berkas adalah untuk menghilangkan foton yang dapat meningkatkan dosis radiasi, namun tidak mempengaruhi citra radiografi [5]. Namun, filter asli dari pesawat sinar-X mamografi sangat mahal dan susah untuk didapatkan, Oleh karena itu, kami mendesain filter mamografi dengan memanfaatkan kaleng aluminium bekas untuk penentuan nilai HVL pada pesawat mamografi.

BAHAN DAN METODE

Gambar 1 menampilkan bagan alir penelitian. Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Syekh Yusuf, Kabupaten Gowa. Alat dan bahan yang digunakan adalah amplas, gunting/cutter, air, penggaris, Bruker S1 Titan, mikrometer sekrup, pesawat mamografi merk Phillips (Tipe P40MoW/3122509), multimeter *X-ray Raysafe, waterpass*, filter aluminium asli (variasi ketebalan 0,106 dan 0,055 mm) dan kaleng minuman bekas (ketebalan 0,09 mm). Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengukur kandungan aluminium dari kaleng bekas menggunakan Bruker S1 Titan, lalu mengukur ketebalan kaleng tersebut menggunakan mikrometer sekrup.

Tahap kedua pada penelitian ini adalah mencari nilai HVL pada pesawat mamografi menggunakan filter aluminium asli dan filter aluminium dari kaleng bekas. Pertama, melakukan pengukuran tanpa filter dengan variasi tegangan tabung yaitu 29, 31, dan 33 kV untuk mendapatkan dosis awal (D_0). Selanjutnya, nilai D_a , D_b , t_a , t_b dicari untuk menentukan nilai HVL. Penentuan nilai HVL pada penelitian ini menggunakan persamaan (1).

$$HVL = \frac{t_b \ln(2D_a/D_0) - t_a \ln(2D_b/D_0)}{\ln(D_a/D_b)} \quad (1)$$



Gambar 1. Bagan Alir Desain Pengukuran HVL.

HVL adalah tebal filter yang menghasilkan setengah dari dosis mula-mula $D_0/2$ (mmAl), D_0 yaitu dosis awal (mGy), t_a yaitu tebal filter yang menghasilkan nilai di atas $D_0/2$ (mm), t_b yaitu tebal filter yang menghasilkan nilai di bawah $D_0/2$ (mm), D_a yaitu dosis pada ketebalan filter t_a (mGy) dan D_b yaitu dosis pada ketebalan filter t_b (mGy).

Batasan nilai HVL yang bisa diterima adalah sebagai berikut:

a. Batas minimum toleransi nilai HVL:

$$HVL = (0,01 \times kVp) + 0,03 \quad (2)$$

b. Batas maksimum toleransi nilai HVL:

$$HVL = (0,01 \times kVp) + c \quad (3)$$

Sehingga batasan toleransi yang bisa diterima adalah:

$$0,01(kVp) + 0,03 \leq HVL \leq 0,01(kVp) + c \quad (4)$$

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

HASIL DAN BAHASAN

Hasil kandungan aluminium dari beberapa kaleng bekas yang ukur menggunakan alat Bruker S1 Titan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan aluminium dari kaleng bekas

No.	Nama Kaleng	Kandungan Aluminium (%)
1.	Nescafe Cappuccino	96,434
2.	Milo	96,377
3.	Cincau Cap Panda	96,463
4.	Pocari Sweat	96,351
5.	Fanta	96,476
6.	Sprite	96,827
7.	Bear Brand	0,012

Data pada tabel 1 menunjukkan bahwa kaleng yang memiliki kandungan aluminium yang tinggi adalah kaleng sprite yaitu 96,827%, hampir mencapai 97%. Maka dari itu, kandungan aluminium yang terdapat pada kaleng sprite dianggap sudah cukup untuk bisa dijadikan filter untuk menentukan nilai HVL pada pesawat mamografi.

Nilai dosis awal (D_0) untuk setiap variasi tegangan tabung dapat dilihat pada Tabel 2. Dosis mula-mula merupakan dosis yang terukur untuk nilai tegangan tabung dan setengah dari dosis mula-mula ($D_0/2$) adalah dasar perkiraan dari nilai HVL yang nantinya akan mampu melewati intensitas radiasi atau sama dengan nilai dari setengah dosis mula-mula.

Data yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan adanya peningkatan dosis yang dihasilkan dari masing-masing tegangan tabung, setengah dosis awal ($D_0/2$) yang diperoleh yaitu 2,966 mGy (29 kV), 3,596 mGy (31 kV) dan 4,249 mGy (33 kV). Dapat dilihat bahwa semakin tinggi tegangan tabung yang diberikan maka semakin meningkat pula dosis yang dihasilkan.

Data pada Tabel 3 merupakan data penentuan nilai HVL untuk filter

aluminium asli. Dapat dilihat bahwa untuk tegangan 29 kV setengah dosis awal ($D_0/2$) yang diperoleh sebesar 2,966 mGy dan dosis di atas (D_a) nilai setengah dosis awal sebesar 3,082 mGy sedangkan dosis di bawah (D_b) setengah dosis mula-mula sebesar 2,833 mGy. Kedua dosis tersebut diperoleh dengan menggunakan beberapa filter aluminium yang ditumpuk. Nilai D_a didapatkan dengan dengan menumpuk 2 pelat ukuran 0,106 mm dan 2 pelat ukuran 0,055 mm dengan tebal total t_a sebesar 0,322 mm. sedangkan untuk dosis D_b diperoleh dengan menumpuk 3 pelat 0,106 mm dan 1 pelat 0,055 mm dengan tebal keseluruhan t_b sebesar 0,373 mm. Demikian selanjutnya untuk tegangan tabung 31 dan 33 kV prosedur seperti pada tegangan 25 kV dengan ditambah atau dikurangi ketebalan filter untuk memenuhi nilai D_a dan D_b . Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 2, nilai HVL yang diperoleh untuk setiap variasi tegangan tabung untuk filter aluminium asli 0,337 mmAl (29 kV), 0,363 mmAl (31 kV) dan 0,364 mmAl (33 kV). Hasil ini berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan oleh BAPETEN.

Tabel 2. 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.	29		5,938	5,932	5,928	5,932	2,966
2.	31	50	7,185	7,197	7,194	7,192	3,596
3.	33		8,494	8,497	8,506	8,499	4,249

Tabel 3. Data Pengukuran nilai HVL menggunakan filter aluminium asli dengan arus tabung 50 mAs.

No.	Tegangan (kV)	D_0 (mGy)	$D_0/2$ (mGy)	D_a (mGy)	D_b (mGy)	t_a (mm)	t_b (mm)	Nilai HVL (mmAl)	Batas Nilai HVL	
									Min.	Maks.
1.	29	5,932	2,966	3,082	2,833	0,322	0,373	0,337	0,32	0,41
2.	31	7,192	3,596	3,827	3,538	0,322	0,373	0,363	0,34	0,43
3.	33	8,499	4,249	4,278	3,970	0,373	0,424	0,364	0,36	0,45

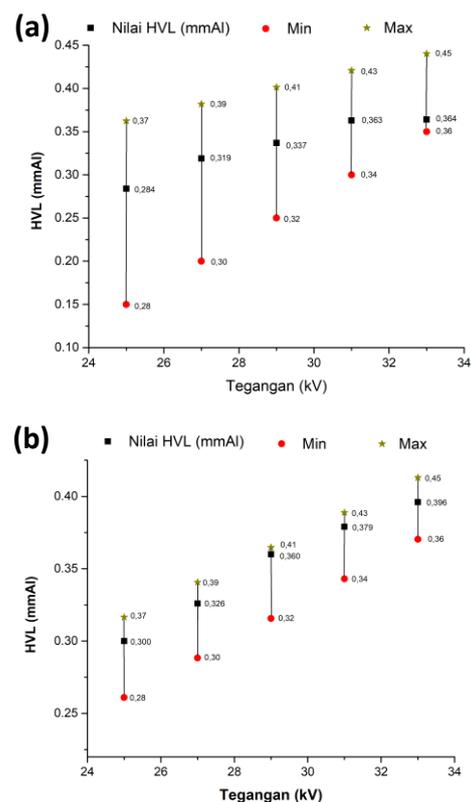
Tabel 4. Data Pengukuran nilai HVL menggunakan filter aluminium dari kaleng bekas dengan arus tabung 50 mAs

No.	Tegangan (kV)	D_0 (mGy)	$D_0/2$ (mGy)	D_a (mGy)	D_b (mGy)	t_a (mm)	t_b (mm)	Nilai HVL (mmAl)	Batas Nilai HVL	
									Min.	Maks.
1.	29	5,932	2,966	3,002	2,618	0,36	0,45	0,360	0,32	0,41
2.	31	7,192	3,596	3,774	3,235	0,36	0,45	0,379	0,34	0,43
3.	33	8,499	4,249	4,512	3,975	0,36	0,45	0,396	0,36	0,45

Tabel 4 merupakan data hasil pengukuran nilai HVL untuk filter aluminium dari kaleng bekas. Nilai dosis batas atas, dosis batas bawah, tebal filter batas atas dan tebal filter batas bawah yang diperoleh sedikit berbeda dengan data filter asli, hal ini disebabkan karena variasi ketebalan yang digunakan dari kedua jenis filter agak berbeda dan untuk filter kaleng aluminium bekas hanya ada 1 variasi ketebalan, yaitu 0,09 mm yang sebelumnya diukur ketebalannya menggunakan mikrometer sekrup dan kemudian ditumpuk untuk menghasilkan nilai HVL pada setiap variasi tegangan. Nilai t_a , t_b untuk setiap variasi tegangan adalah 0,36 dan 0,45 mm. Hal ini disebabkan karena kurangnya variasi ketebalan filter. Namun, terlepas dari hal tersebut, nilai HVL yang diperoleh masih dalam batas toleransi yang ditetapkan yaitu 0,360 mmAl (29 kV), 0,379 mmAl (31 kV) dan 0,396 mmAl (33 kV). Dapat dilihat bahwa semakin tinggi tegangan tabung maka nilai HVL juga semakin naik. Nilai dosis batas atas (D_a) yang diperoleh untuk tegangan 29 kV yaitu 3,002 mGy dan dosis batas (D_b) bawah sebesar 2,618 mGy. Dosis yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan dosis pada filter aluminium asli.

Gambar 2 merupakan hubungan antara tegangan terhadap nilai HVL untuk filter aluminium asli dan filter dari kaleng aluminium bekas serta nilai batas toleransi minimum dan maksimum dari nilai HVL. Pada kedua grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai HVL yang diperoleh dari kedua jenis filter memenuhi batas toleransi yang ditetapkan oleh BAPETEN, nilai yang diperoleh untuk masing-masing tegangan

tabung berada di atas batas minimum dan di bawah batas maksimum. Semakin naik tegangan yang diberikan maka semakin naik pula nilai HVL yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena kenaikan tegangan tabung akan mempercepat elektron yang menumbuk target, sehingga produksi sinar-X memiliki energi yang tinggi.



Gambar 2. Hubungan tegangan terhadap nilai HVL serta batas minimum dan maksimum dari nilai HVL. (a) filter aluminium asli dan (b) filter aluminium kaleng bekas

Secara teori, nilai HVL biasanya meningkat seiring dengan kenaikan tegangan tabung. Nilai HVL tidak boleh lebih rendah dari yang dinyatakan oleh regulator. Karena jika nilai HVL terlalu rendah maka dosis yang sampai pada tubuh juga akan besar. Selisih nilai HVL yang diperoleh dari kedua jenis filter yang digunakan cukup kecil yaitu 0,023 mmAl (29 kV), 0,016 mmAl (31 kV) dan 0,032 mmAl (33 kV).

KESIMPULAN

Nilai HVL yang didapatkan untuk filter aluminium asli maupun filter aluminium dari kaleng bekas untuk tegangan 39, 31, dan 33 kV memenuhi nilai batas toleransi yang distandarkan oleh BAPETEN. Berdasarkan hasil uji tersebut, filter aluminium dari kaleng bekas layak untuk dijadikan sebagai filter dalam pesawat mamografi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak RSUD Syekh Yusuf Kabupaten Gowa, yang telah memberikan izin sekaligus membantu penulis dalam melakukan penelitian dan juga kepada pihak BPFK Makassar atas pengadaan supervisor lapangan untuk membantu penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Breast Screening Working Group (WG2) of the Covid-19 and Cancer Global Modelling Consortium, Figueroa JD, Gray E, et al. The impact of the Covid-19 pandemic on breast cancer early detection and screening. *Prev Med.* 2021;151:106585.
- [2] Mutmainna A, Astuty SD, Dewang S, Mulyadin. Uji Kesesuaian Standar Nilai HVL Filter Aluminium pada Pesawat Sinar-X Mammografi: Studi Kasus di Ruang Instalasi Radiologi RS. Siloam Makassar. *Berkala Fisika.* 2020;23(1):17-25.
- [3] Sidauruk S, Sianturi HA, Rianna M, Sembiring T, Barus DA. 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.* 2018;1116:032032.
- [4] Sitompul LR, Yenie E, Elystia S. Pemanfaatan Logam Aluminium (Al) pada Kaleng Minuman Soda Menjadi Tawas. *Jom FTEKNIK.* 2017;4(1):1-6.
- [5] Budiwati T, Anam C, Setiawati E. Simulasi Pengaruh Kombinasi Target Filter Tambahan terhadap Spektrum sinar-X pada Tabung Pesawat Mammografi dengan Program EGSnrc. *Journal Sains dan Matematika.* 2011;19(1):1-6.