

## EVALUASI METODE PENENTUAN HALF VALUE LAYER (HVL) MENGGUNAKAN MULTI PURPOSE DETECTOR (MPD) BARRACUDA PADA PESAWAT SINAR-X MOBILE

Handini Devi Yunitasari, Evi Setiawati dan Choirul Anam

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: handini.devi@gmail.com

### ABSTRACT

The dose received by the patient and the radiographic image quality is determined by the value of the half value layer (HVL). Multi Purpose Detector (MPD) Barracuda, produced by RTI Electronics, Sweden, is a solid state detector that can be used to measure the value of HVL just one exposure. This study was conducted to evaluate the accuracy of measurement of the HVL's value with single exposure methods using the MPD Barracuda. In this study the value of HVL measurements performed with distance of focus to detector 100 cm, field size of 10x10 cm<sup>2</sup> and times- current 12.5 at a voltage of 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp, 81 kVp and 90 kVp. HVL measurement for single exposure method conducted without the addition of Al filter. As for comparative used standard methods that use some thickness variation of filters from 0.5 to 5.0 mmAl. In the standard method, determination of HVL values calculated in two ways: interpolation formula and method of graphs. The results showed that the value of HVL using MPD Barracuda with single exposure method produces a lower value than the standard method used multiple filters and HVL calculated by interpolation and graphics.

**Keywords:** Half Value Layer (HVL), Multi Purpose Detector (MPD) Barracuda, X-ray.

### ABSTRAK

Dosis yang diterima pasien dan kualitas citra radiografi ditentukan oleh nilai half value layer (HVL). Multi Purpose Detector (MPD) merek Barracuda, keluaran RTI Electronics Swedia, merupakan detektor solid state yang dapat digunakan untuk mengukur nilai HVL hanya dengan sekali expose. Penelitian ini dilakukan untuk evaluasi keakuratan pengukuran nilai HVL metode sekali expose dengan MPD Barracuda ini. Pada penelitian ini pengukuran nilai HVL dengan jarak fokus ke detektor 100 cm, luas lapangan 10x10 cm<sup>2</sup> dan arus waktu 12,5 mAs pada tegangan 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp, 81 kVp dan 90 kVp. Pengukuran HVL dilakukan dengan metode sekali expose tanpa filter dan sebagai komparasi digunakan metode standar yaitu menggunakan beberapa expose dengan variasi filter dari 0,5 mmAl sampai 5,0 mmAl. Pada pengukuran metode standar, penentuan nilai HVL dihitung dengan dua cara, yaitu rumus interpolasi dan metode grafik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai HVL menggunakan MPD Barracuda dengan metode sekali exposure menghasilkan nilai HVL yang lebih rendah dibanding metode penggunaan beberapa filter dan HVL dihitung dengan interpolasi dan metode grafis.

**Kata kunci:** Half Value Layer (HVL), Multi Purpose Detector (MPD) Barracuda, pesawat sinar-X.

### PENDAHULUAN

Salah satu sumber radiasi pengion adalah sinar-X yang banyak digunakan untuk keperluan medis, yaitu untuk keperluan diagnostik dan terapi. Selain bermanfaat sinar-X juga berbahaya, karena berpotensi untuk menginduksi kanker pada pasien [1-4]. Karena itu, penggunaan sinar-X harus dilakukan dengan benar, sesuai dengan protokol yang telah ditentukan, sehingga aspek kemanfaatan dapat diambil secara optimal, sementara aspek yang merugikan ditekan serendah-rendahnya.

Salah satu parameter penting dalam sinar-X

yang harus dikontrol adalah kualitas berkas sinar-X. Kualitas berkas sinar-X dinyatakan dalam besaran *Half Value Layer* (HVL) atau tebal paroh bahan [5], yaitu ukuran seberapa besar daya tembus sinar-X yang menembus bahan hingga intensitasnya tinggal separoh dari mul-mula [1,2]. Semakin besar nilai HVL semakin besar daya tembusnya, dan sebaliknya.

Nilai HVL ini biasanya ditentukan nilai minimalnya oleh suatu badan regulator dan harus dicek secara berkala. Di Indonesia telah dikeluarkan keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1250, tahun 2009

tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik. Salah satu parameter yang ditentukan dalam Keputusan Menteri Kesehatan adalah nilai HVL. Dalam Keputusan Menteri Kesehatan dijelaskan bahwa pada tegangan 80 kVp, nilai  $HVL \geq 2,3 \text{ mmAl}$  [6]. Nilai yang sama juga dinyatakan dalam Peraturan Kepala BAPETEN No. 9 Tahun 2011 [7].

Nilai HVL biasanya meningkat dengan kenaikan tegangan tabung sinar-X. Nilai HVL tidak boleh lebih rendah dari yang dinyatakan oleh regulator. Nilai HVL yang terlalu rendah, menyebabkan sinar-X tidak menembus tubuh sehingga tidak berguna pada pencitraan, tetapi memberikan dosis yang besar pada tubuh.

Nilai HVL harus diukur sevalid mungkin. Terdapat banyak metode untuk menentukan nilai HVL ini. Metode paling umum adalah digunakan beberapa lempeng Al sehingga menghasilkan ketebalan yang variatif, kemudian ditembakkan sinar-X. Dari variasi ketebalan Al, dapat diketahui ketebalan yang menghasilkan dosis separoh jika dibanding tidak menggunakan filter sama sekali. Atau jika tidak didapatkan nilai dosis separoh, HVL dapat ditentukan dengan rumus interpolasi.

Dewasa ini banyak peralatan yang dapat mengukur nilai HVL hanya dengan sekali *expose*, salah satu diantaranya adalah *Multi Purpose Detector* (MPD) merek Barracuda, yang dikeluarkan oleh RTI Electronics, Swedia [8]. Dalam MPD ini terdiri dari beberapa detektor *solid state* yang dilengkapi dengan beberapa filter yang diatur secara otomatis oleh *software* sistem tersebut. Sehingga dengan sekali *ekspose* langsung dapat ditentukan nilai HVL.

Penentuan nilai HVL dengan sekali *expose* ini, tentu sangat praktis dan efisien. Namun yang perlu diperhatikan bahwa sistem yang praktis dan efisien saja tidak cukup. Lebih dari itu, sistem tersebut harus akurat. Oleh karena itu, penelitian ini berusaha untuk mengevaluasi keakuratan pengukuran nilai HVL menggunakan sistem MPD Barracuda dengan metode sekali *ekspose*.

## DASAR TEORI

### Sinar-X

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan energi yang sangat tinggi. Sinar-X dihasilkan di dalam tabung sinar-X. Di dalam tabung, sinar-X dihasilkan oleh elektron bebas yang dipercepat dengan beda potensial yang sangat tinggi, lalu ditembakkan ke suatu target. Pada proses perlambatan elektron berkecepatan tinggi oleh medan inti atom target akan dihasilkan sinar-X kontinu dan sinar-X karakteristik sesuai dengan bahan target yang digunakan [1,2].

Sinar-X memiliki daya tembus yang sangat tinggi dan dapat menghitamkan film yang dilaluinya [9]. Karena sifat itulah, sinar-X sering diaplikasikan untuk dunia kedokteran sebagai alat untuk diagnosis penyakit. Namun, selain manfaatnya yang sangat besar, sinar-X juga berpotensi membahayakan pasien karena dapat menginduksi kanker. Oleh karena itu dalam penggunaannya, penggunaan sinar-X harus digunakan seoptimal mungkin, yaitu dosis serendah-rendahnya, dengan kualitas citra radiografi yang dapat diterima.

### Half Value Layer (HVL)

Ukuran kualitas sinar-X, biasanya dinyatakan dalam nilai tebal paruh atau *half value layer* (HVL). HVL merupakan tebal bahan perisai yang diperlukan untuk mengurangi intensitas radiasi menjadi setengah dari mula-mula [10]. HVL semakin tinggi, artinya daya tembus sinar-X semakin tinggi pula, dan sebaliknya. Terdapat regulasi agar sinar-X yang digunakan untuk untuk klinis memiliki nilai HVL minimal tertentu.

Jika mula-mula radiasi dengan intensitas  $I_0$  dan setelah melewati bahan dengan ketebalan  $x$  dan koefisien serapan  $\mu$ , maka intensitas yang diteruskan  $I$ , memenuhi hubungan:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

Apabila intensitas radiasi setelah melewati bahan dengan ketebalan  $x$  tinggal separo dari intensitas mula-mula ( $I = I_0/2$ ), maka tebal lapisan bahan  $x$  disebut HVL, sehingga:

$$HVL = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (2)$$

Sedangkan untuk pengukuran sulit sekali mendapatkan nilai HVL secara langsung dari ketebalan filter Al yang digunakan. Ketebalan filter Al yang ada biasanya menghasilkan nilai sedikit lebih kecil atau lebih besar dari HVL. Untuk menghitung nilai HVL secara praktis, KMK No. 1250 tahun 2009 menggunakan rumus interpolasi berikut:

$$HVL = \frac{t_b \ln\left(\frac{2D_a}{D_0}\right) - t_a \ln\left(\frac{2D_b}{D_0}\right)}{\ln\left(\frac{D_a}{D_b}\right)} \quad (3)$$

Dengan  $D_0$  adalah dosis mula-mula atau tanpa filter.  $D_a$  adalah dosis terbaca yang nilainya sedikit lebih besar dari  $D_0/2$ .  $D_b$  adalah dosis terbaca yang nilainya sedikit lebih kecil dari  $D_0/2$ .  $t_a$  sebagai tebal bahan pada saat dosis terbaca lebih besar dari  $D_0/2$ . Sedangkan  $t_b$  sebagai tebal bahan pada saat dosis terbaca lebih kecil dari  $D_0/2$ .

**Multi Purpose Detector (MPD)**

*Multi Purpose Detector* (MPD) merupakan detektor universal yang dapat digunakan untuk pengukuran hampir semua sistem sinar-X. Beberapa parameter dan besaran fisis dapat diperoleh dalam satu eksposi, misalnya dosis radiasi, tegangan tabung, waktu eksposi, dan HVL. MPD Barracuda ini kemudian dihubungkan dengan electrometer yang terdiri dari beberapa modul untuk mengolah data. Data hasil olahan ini kemudian dapat ditransfer ke komputer atau ke PDA. Pada PDA (*Handheld*) harus dilengkapi dengan *software* QA Browser, sedangkan komputer harus dilengkapi dengan *software* Ocean.



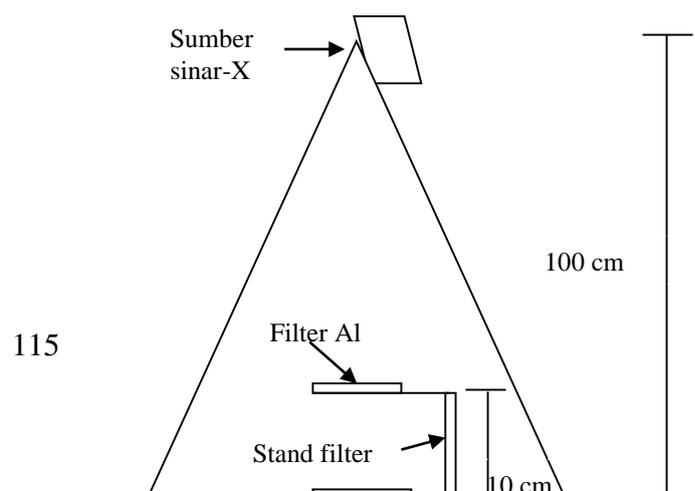
Gambar 1. *Multi purpose detector* (MPD) merek Barracuda

MPD merek Barracuda menggunakan beberapa detektor zat padat. MPD Barracuda ditunjukkan oleh Gambar 1. MPD ini dapat digunakan untuk mengukur HVL dengan sekali *expose*, sebab di dalam sistem MPD ini setiap detektor dilengkapi dengan filter dengan bahan dan ketebalan tertentu, yang dapat diset sesuai dengan aplikasi radiologi dan nilai tegangan yang digunakan. Dengan adanya filter dengan ketebalan yang berbeda ini pada tiap detektor, setiap detektor menerima radiasi dengan kualitas yang berbeda. Kemudian dengan menggunakan *software* yang terdapat di electrometer, dapat dihitung nilai HVL tersebut [8].

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Training Center Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. Pesawat sinar-X yang digunakan adalah sinar-X *mobile* merek Siemens. Spesifikasi pesawat sinar-X: Frekuensi 50/60 Hz, arus 0,4–0,5 A, tegangan operasional 60–80 kV, dan waktu operasional 0,1–0,2 sekon.

Multi purpose detector (MPD) yang digunakan merek Barracuda, yang dikalibrasi pada tanggal 29 November 2010. Untuk menyangga MPD digunakan stand MPD sehingga jarak MPD ke meja sekitar 10 cm, sehingga hamburan balik dari meja dapat diminimalisasi. Susunan peralatan penelitian ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Susunan peralatan untuk menentukan nilai HVL

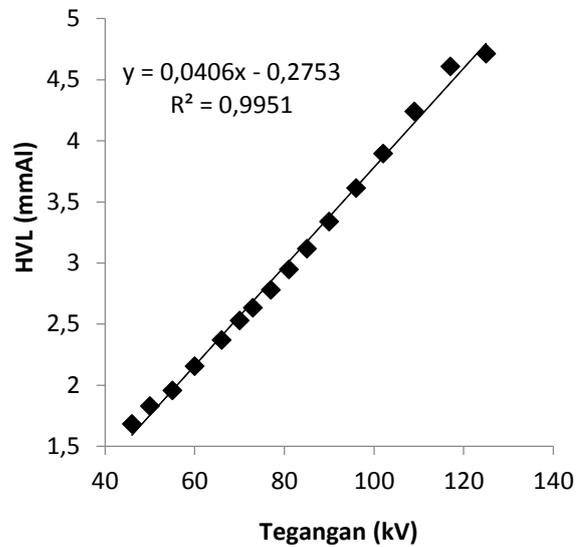
Pada penelitian ini jarak fokus dan detektor 100 cm, luas lapangan 10 x 10 cm<sup>2</sup> dan arus-waktu 12,5 mAs. menggunakan variasi tegangan dan variasi ketebalan filter.

Untuk metode sekali expose nilai HVL ditentukan untuk beberapa nilai tegangan, yaitu dari 46-125 kVp. Sementara untuk metode pengukuran HVL menggunakan filter tambahan digunakan tegangan yaitu 50 kVp, 60 kVp, 70 kVp, 81 kVp dan 90 kVp. Variasi filter untuk tiap-tiap tegangan dilakukan sebanyak 10 kali yaitu dari 0,50 mm sampai 5,00 mm. Setiap variasi ketebalan filter dilakukan tiga kali untuk mengetahui dosis yang terdeteksi oleh detektor.

Setelah mendapatkan data dosis untuk variasi ketebalan filter, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai HVL menggunakan rumus interpolasi dan grafik. Metode interpolasi dihitung berdasarkan persamaan (3) dan untuk metode grafik digunakan software excel. Selanjutnya nilai HVL hasil sekali *expose* dan menggunakan variasi ketebalan filter, dibandingkan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil nilai HVL metode sekali expose ditunjukkan oleh Gambar 3 dan secara numerik ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Grafik Nilai HVL Metode Sekali Ekspose

Dari Gambar 3. 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.

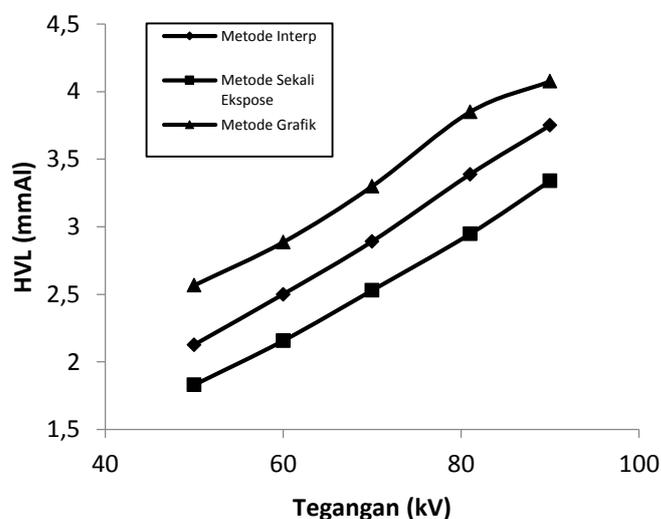
Energi sinar-X yang lebih tinggi menyebabkan daya tembusnya juga mengalami kenaikan. Sehingga nilai HVL juga mengalami kenaikan. Tampak dari Gambar 3. bahwa kenaikan nilai HVL relatif linear dengan persamaan  $y=0,04 x-0,275$ .

**Tabel 1.** Nilai HVL Metode Sekali Ekspose

Tegangan (kV)	HVL (mmAl)			Rata-rata
	I	II	II	
46	1,700	1,690	1,660	1,683

50	1,810	1,830	1,850	1,830
55	1,960	1,960	1,950	1,957
60	2,150	2,160	2,160	2,157
66	2,360	2,370	2,380	2,370
70	2,530	2,530	2,530	2,530
73	2,640	2,630	2,630	2,633
77	2,790	2,770	2,780	2,780
81	2,940	2,950	2,950	2,947
85	3,110	3,120	3,120	3,117
90	3,340	3,340	3,340	3,340
96	3,610	3,620	3,610	3,613
102	3,900	3,890	3,900	3,897
109	4,250	4,240	4,230	4,240
117	4,620	4,600	4,610	4,610
125	4,710	4,710	4,720	4,713

	HVL (mmAl)	HVL (mmAl)	$\Delta$ (%)	HVL (mmAl)	$\Delta$ (%)
50	1,830	2,126	16,17	2,567	40,27
60	2,157	2,500	15,90	2,886	33,80
70	2,530	2,891	14,27	3,300	30,43
81	2,947	3,388	14,96	3,850	30,64
90	3,340	3,750	12,27	4,077	22,07



**Gambar 4.** Grafik Perbandingan Nilai HVL antara metode sekali expose dengan metode variasi ketebalan filter yang dihitung rumus interpolasi dan graik

Sedangkan nilai HVL yang diukur dengan metode sekali *expose* dan diukur menggunakan beberapa ketebalan filter, lalu HVL dihitung dengan rumus interpolasi dan dihitung secara grafis, ditunjukkan oleh Gambar 4 dan secara numerik ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tampak dari ketiga hasil, bahwa sinar-X mobile yang digunakan masih memenuhi standar, yaitu pada tegangan 80 kVp, nilai HVL lebih besar dari 2,3 mmAl.

Tampak juga dari Gambar 4, bahwa nilai HVL dengan metode sekali *expose*, nilainya lebih rendah dari metode interpolasi dan metode interpolasi lebih rendah dari metode grafis. Semakin besar tegangan yang digunakan perbedaan semakin kecil.

**Tabel 2.** Akurasi Nilai HVL

Teg (kV)	Metode		
	Sekali Eksposi	Metode Interp	Metode Grafis
50	1,810	1,830	1,850
55	1,960	1,960	1,950
60	2,150	2,160	2,160
66	2,360	2,370	2,380
70	2,530	2,530	2,530
73	2,640	2,630	2,630
77	2,790	2,770	2,780
81	2,940	2,950	2,950
85	3,110	3,120	3,120
90	3,340	3,340	3,340
96	3,610	3,620	3,610
102	3,900	3,890	3,900
109	4,250	4,240	4,230
117	4,620	4,600	4,610
125	4,710	4,710	4,720

Dari data ini, penggunaan metode satu kali expose, meskipun praktis tapi menunjukkan penyimpangan yang relatif besar, dibandingkan metode standar yang digunakan. Oleh karena itu, penggunaan metode sekali expose untuk keperluan quality control, dapat digunakan jika nilai HVL jauh lebih besar dari batas standar yang dikeluarkan oleh badan regulasi. Namun jika, nilai HVL sudah mendekati atau bahkan berada di bawah nilai standar yang dikeluarkan regulasi, metode pengukuran HVL harus menggunakan standar yang ada.

## KESIMPULAN

Setelah melakukan pengukuran HVL menggunakan *Multi Purpose Detector* (MPD) Barracuda pada sinar-X *mobile* maka dapat disimpulkan :

1. Nilai pengukuran HVL menggunakan metode sekali *expose* menghasilkan nilai yang relatif lebih kecil dibanding metode standar yang digunakan.
2. Untuk keperluan QC, metode sekali *expose* hanya boleh digunakan saat nilai HVL jauh lebih besar dari standar yang ditetapkan oleh badan regulator.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bushberg J.T., Seibert J.A., Edwin M. Leidholdt, J.R., Boone J.M., 2002, *The Essential Physics of Medical Imaging*, Second Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia USA.
2. Handee W.R. dan Ritenour E.R., "Medical Imaging Physics", Wiley-Liss, Inc, New York, 2002
3. Trikasjono T., 2007, *Perancangan Ruang Pengujian Kebocoran Pesawat Sinar-X Rigaku 250 kV*, Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta.
4. Wolbarst A.B., "Physics of Radiology", Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 2005
5. Jeffrey P., 2006, *Quality Management in the imaging Sciences*, MOSBY, St.Louis, Missouri 63146.
6. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2009, Keputusan MENKES Nomor 1250/MENKES/ SK/ XII/ 2009, *Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik*.
7. BAPETEN, 2011, Keputusan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2011, *Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
8. RTI Electronics, 2010, *Barracuda Reference Manual: Barracuda & QABrowser Reference Manual*, USA.
9. Bushong S.C., 1998, *Radiologic Science for Technologists Physics, Biology and Protection*, M. Mosby.
10. Akhadi M., 2000, *Dasar-dasar Proteksi Radiasi*, Jakarta : PT Rineka Cipta.