

METODE EVALUASI DOSIS EKIVALEN PERORANGAN DENGAN TLD LBG-0110

Eri Hiswara^{*)}, Sri Subandini L.^{*)}, Sri Widayati^{**)}

^{*)} Pusat Standarisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - Badan Tenaga Atom Nasional

^{**)} Pusat Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

METODE EVALUASI DOSIS EKIVALEN PERORANGAN DENGAN TLD LBG-0110. TLD LBG-0110 adalah dosimeter perorangan yang digunakan untuk memantau diterima dosis perorangan di PPTA Serpong. Dengan diperkenalkannya besaran dosis ekivalen perorangan oleh ICRU, pengukuran untuk menggunakan besaran ini pada TLD LBG-0110 telah dilakukan. Pada pengukuran ini TLD dipasang pada permukaan fantom padat yang berukuran 30 cm x 30 cm x 15 cm dan disinari dengan foton spektrum sempit sesuai saran ISO. Keluaran pesawat sinar-x dan sumber radiasi γ dalam besaran paparan diubah ke besaran dosis ekivalen perorangan dengan menggunakan koefisien konversi yang tersedia. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa TLD LBG-0110 dapat digunakan langsung untuk mengukur besaran dosis ekivalen perorangan. Selain itu, tanggapan energi dan sudut TLD juga dipelajari.

ABSTRACT

EVALUATION METHOD OF PERSONAL DOSE EQUIVALENT USING TLD LBG-0110. LBG-0110 thermoluminescence dosimeter (TLD) is personal dosimeter used for individual monitoring in Serpong Nuclear Research Center. The introduction of personal dose equivalent quantity by ICRU brought about the measurements to apply this quantity for TLD LBG-0110. In the experiment TLD was mounted on a surface of a slab phantom of 30 cm x 30 cm x 15 cm and irradiated by narrow spectrum photon recommended by ISO. The output of x-ray machine and γ sources in quantity of exposure was converted to quantity of personal dose equivalent using published conversion coefficients. The results show that TLD LBG-0110 is readily suitable for the measurement of personal dose equivalent quantity. In addition, the energy and angular response of TLD were also studied.

PENDAHULUAN

Berdasarkan definisi yang diberikan ICRU pada tahun 1985 [1], besaran dosis ekivalen operasional untuk pemantauan dosis perorangan adalah dosis ekivalen perorangan tembus, $H_p(d)$, dan dosis ekivalen perorangan superfisial, $H_s(d)$. Pada publikasi terakhirnya, ICRU telah mengubah definisinya [2,3] dengan besaran baru yang disebut sebagai dosis ekivalen perorangan, $H_p(d)$.

Dosis ekivalen perorangan, $H_p(d)$, adalah dosis ekivalen pada jaringan lunak di bawah titik tertentu di dalam tubuh pada kedalaman khusus, d , dalam mm. Untuk kedalaman organ superfisial, ditetapkan 0,07 mm untuk kulit dan 3 mm untuk lensa mata. Dosis ekivalen perorangan untuk kedua kedalaman itu masing-masing ditulis $H_p(0,07)$ dan $H_p(3)$. Untuk organ yang terletak lebih dalam, biasanya digunakan kedalaman 10 mm, dan ditulis $H_p(10)$.

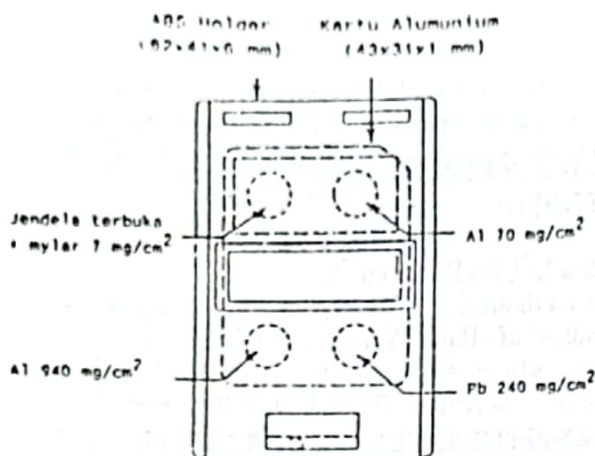
Karena besaran dosis ekivalen perorangan didefinisikan di dalam tubuh, maka besaran ini tidak dapat diukur langsung. Besaran ini bervariasi dari orang ke orang, dan untuk orang yang sama dari satu lokasi ke yang lain (karena adanya efek hamburan dan pelemahan).

Dalam makalah ini diuraikan metode evaluasi dosis ekivalen perorangan dengan menggunakan TLD LBG-0110. TLD jenis ini merupakan alat pemantau perorangan buatan Harshaw yang digunakan di lingkungan PPTA Serpong. Besaran yang ditentukan adalah $H_p(10)$ dan $H_p(0,07)$, mengingat kedua besaran ini paling sering mendapat perhatian dalam proteksi radiasi. Selain itu juga dibahas tanggapan energi dan sudut dari TLD LBG-0110 ini.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan dan peralatan

1. TLD LBG-0110, yang merupakan kartu TLD berisi dua buah *chip* TLD-100. Kartu TLD



Gambar 1. Holder TLD LBG-0110 buatan Harshaw.

dimasukkan ke dalam *holder* yang memiliki komposisi filter seperti yang terluks pada Gambar 1. Satu *chip* ditempatkan di bawah jendela terbuka yang dilapis mylar 7 mg/cm² yang dimaksudkan untuk mengukur dosis ekuivalen β . Sementara satu *chip* lagi yang dimaksudkan untuk mengukur dosis ekuivalen γ ditempatkan di bawah filter Al setebal 940 mg/cm².

2. Pesawat sinar-x MG-420 buatan Philips.
3. Sumber γ Cs-137 dan Co-60 buatan Buchler.
4. Dosimeter Farmer dengan detektor 600 cc.
5. Fantom padat ukuran 30 x 30 x 15 cm³.
6. Alat baca TLD model 2000 buatan Harshaw.

Tata kerja

Sebelum alat pemantau disinari, keluaran pesawat sinar-x dan sumber γ diukur terlebih dahulu dengan detektor kamar pengionan bervolume 600 cc yang dirangkai dengan dosimeter Farmer. Nilai paparan yang diukur dapat ditelusuri sampai ke alat ukur radiasi standar nasional.

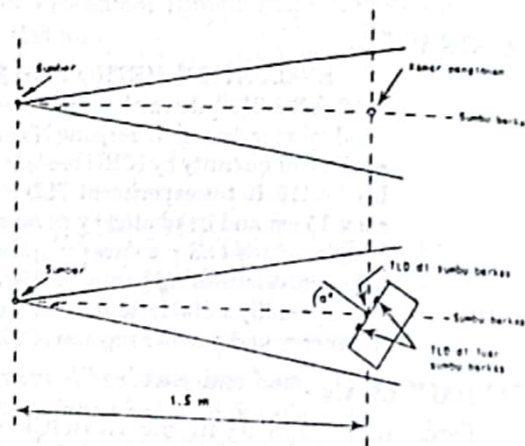
Pemantau perorangan TLD LBG-0110 disinari dengan foton yang dibangkitkan dari pesawat sinar-x dan sumber γ Cs-137 dan Co-60. Spesifikasi foton yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu spektrum sempit seperti yang diberikan ISO [4]. TLD dipasang pada permukaan fantom padat yang berfungsi sebagai simulator tubuh manusia. Jarak TLD dengan fokus sinar-x atau sumber radiasi diatur sejauh 1,5 m.

Selama penyinaran TLD dipasang pada satu sumbu dengan berkas foton. Tanggapan sudut ditentukan dengan memutar permukaan searah jarum jam sehingga berkas foton datang membentuk sudut α dengan garis yang tegak

Tabel 1. Karakteristik energi foton

Tegangan (kv)	Filter tetap (mm Al)	Filter tambahan (mm)			HVL (mm Cu)	Energi rata-rata (keV)
		Pb	Sn	Cu		
40	4,0	-	-	0,21	0,09	33
60	4,0	-	-	2,00	0,59	65
120	4,0	-	1,00	5,00	1,73	100
250	4,0	3,00	2,00	-	5,20	205
Cs-137						662
Co-60						1250

lurus permukaan holder dapat dilihat pada Gambar 2. Tanggapan TLD dibaca dengan alat baca TLD Harshaw model 2000. Untuk memperoleh bacaan tanggapan bersih, bacaan pertama dikurangi dengan bacaan kedua yang berfungsi sebagai bacaan latar belakang.



Gambar 2. Penyusunan TLD LBG 0110 dalam percobaan.

Pada semua penyinaran dilakukan tiga kali ulangan, dengan penyimpangan baku dari bacaan untuk setiap TLD berkisar antara 0,3-6,2 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dosimeter Farmer mengukur keluaran pesawat sinar-x dan sumber γ dalam besaran paparan. Untuk mengubah paparan menjadi kerma udara digunakan koefisien konversi 8,77 mGy/R untuk sinar-x, 8,78 mGy/R untuk Cs-137 dan 8,79 mGy/R untuk Co-60 [5].

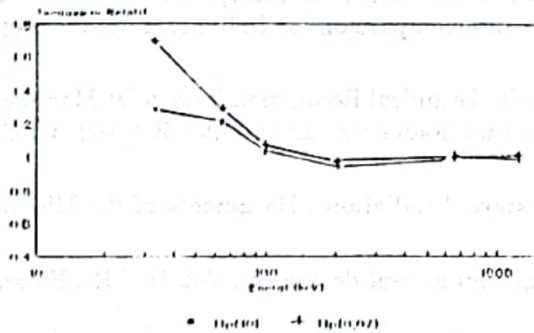
TLD LBG-0110 disinari dengan dosis ekuivalen perorangan sebesar 1 mSv, baik untuk maksud penentuan besaran dosis ekuivalen per-

orangan mau pun untuk penentuan tanggapan energi dan sudut. Nilai kerma udara yang sebelumnya telah diperoleh diubah ke besaran dosis ekivalen perorangan dengan koefisien konversi seperti yang diberikan pada Tabel 2 [6,7].

Tabel 2. Koefisien konversi dosis ekivalen perorangan/kerma udara (Sv/Gy).

Energi rata-rata (keV)	Hp(10,a)				Hp(0.07)			
	a= 0°	a= 20°	a= 40°	a= 60°	a= 0°	a= 20°	a= 40°	a= 60°
33	1,22	1,20	1,10	0,89	1,29	1,28	1,28	1,23
65	1,89	1,86	1,74	1,46	1,72	1,71	1,66	1,54
100	1,80	1,78	1,69	1,45	1,67	1,65	1,62	1,53
205	1,48	1,47	1,42	1,30	1,42	1,42	1,41	1,39
662	1,21	1,21	1,20	1,20	1,21	1,21	1,22	1,23
1250	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,16	1,20

Tanggapan energi relatif (terhadap Cs-137) kedua besaran dosis ekivalen perorangan, Hp(10) dan Hp(0,07), untuk rentang energi 33 - 1250 keV diberikan pada Gambar 3. Bacaan TLD-100 di bawah jendela terbuka digunakan untuk besaran Hp(0,07), sedang bacaan TLD-100 di bawah filter Al digunakan untuk besaran Hp(10).



Gambar 3. Tanggapan relatif Hp(10) dan Hp(0,07) untuk TLD LBG-0110.

Suatu alat pemantau perorangan menunjukkan unjuk kerja yang baik jika ketidakpastian pengukurannya tidak melebihi faktor ± 0,31 [6]. Dari Gambar 3 terlihat persyaratan ini dipenuhi hampir oleh seluruh energi, kecuali untuk energi di bawah 65 keV untuk Hp(0,07). Naiknya tanggapan pada energi rendah ini, yang juga sebenarnya dialami oleh Hp(10), di-

sebabkan oleh tingginya koefisien serap energi massa untuk LiF relatif terhadap untuk udara [8].

Penyempurnaan tanggapan pada energi di bawah 65 keV dapat dilakukan dengan menamban filter pada holder. Namun demikian, penambahan filter dapat merusak tanggapan yang cukup rendah dari TLD secara keseluruhan. Untuk itu maka perlu dilakukan koreksi terhadap tanggapan energi di bawah 65 keV untuk Hp(0,07) tersebut. Jika TLD-A adalah TLD di bawah filter Al 940 mg/cm² dan TLD-B adalah TLD di bawah filter mylar, maka evaluasi Hp(10) dan Hp(0,07) dapat diberikan sebagai berikut :

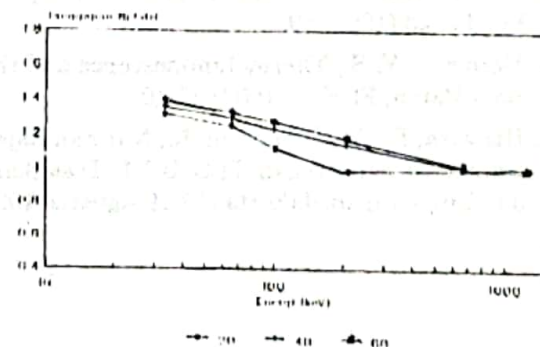
$$Hp(10) = TLD-A$$

$$Hp(0,07) = TLD-B \text{ (untuk } TLD-B/TLD-A < 1,5)$$

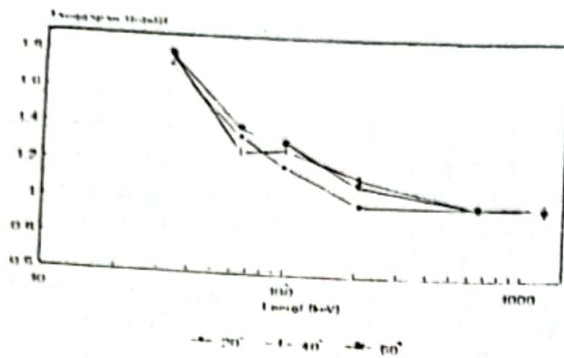
$$Hp(0,07) = 0,75 TLD-B \text{ (untuk } TLD-B/TLD-A > 1,5)$$

Tanggapan relatif Hp(10) dan Hp(0,07) sebagai fungsi energi dan sudut diberikan pada Gambar 4 dan 5.

Unjuk kerja alat pemantau perorangan dapat dikatakan baik jika variasi tanggapan sebagai fungsi energi dan sudut tidak lebih dari ± 0,40 [6]. Gambar 4 memperlihatkan bahwa persyaratan tersebut dipenuhi oleh Hp(10). Untuk Hp(0,07), seperti yang diberikan pada Gambar 5, persyaratan dipenuhi oleh sudut 20°, 40° dan 60° pada rentang energi di atas 65 keV. Di bawah energi 65 keV, semua tanggapan untuk



Gambar 4. Tanggapan relatif Hp(10) sebagai fungsi energi dan sudut.



Gamba5. Tanggapan relatif Hp(0,07) sebagai fungsi energi dan sudut.

ketiga sudut memberikan perkiraan lebih untuk Hp(0,07).

Karakteristik Hp(10) dan Hp(0,07), demikian pula karakteristik tanggapan energi dan sudut TLD LBG-0110 ini, sama dengan karakteristik yang dimiliki TLD jenis BG-1 yang juga diproduksi oleh Harshaw [9].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil ini dapat dinyatakan bahwa hampir semua bacaan dari TLD LBG-0110 dapat digunakan langsung untuk menentukan besaran Hp(10) dan Hp(0,07), kecuali untuk Hp(0,07) pada energi di bawah 65 keV yang bacaannya harus dikalikan faktor 0,75. Variasi bacaan sebagai fungsi energi dan sudut juga mempunyai harga yang memenuhi syarat untuk foton di atas 65 keV.

DAFTAR PUSTAKA

1. ICRU, Determination of dose equivalents resulting from external radiation sources, ICRU Report 39. ICRU, Bethesda (1985).
2. Allisy, A., et.al. Quantities and units for use in radiation protection, A Draft Report, ICRU News, 2 (1991) 5-9.
3. ICRU, Measurement of dose equivalents from external photon and electron radiations, ICRU Report 47. ICRU, Bethesda (1992).
4. ISO, X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for Determining Their Response as a Function of Energy. ISO-4037. ISO, Geneva (1979).
5. Ambrosi, P., et.al. Scientific and technical aspects of the IAEA intercomparison Programme 1988/1989 for individual monitoring - Vol. I. In : Intercomparison for Individual Monitoring. PTB-Dos-20. PTB, Braunschweig (1991) 6-30.
6. Christensen, P., Julius, H. W. and Marshall, T. O., Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation, EUR 5287 Revised. CEC, Brussels (1992).
7. NRPB, Dose quantities for protection against external radiations, Documents of the NRPB. Vol.4 No.3 (1993) 49.
8. Horowitz, Y. S., Thermoluminescence and thermoluminescent dosimetry, Vol. II. CRC Press, Boca Raton, Florida (1984) 45-49.
9. Hiswara, E., Sri Subandini, L., Nurman Rajagukguk dan Pardi, Aplikasi besaran ICRU pada pemantau perorangan TLD BG-1, Disajikan pada Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan, Jakarta (18-19 Agustus 1993).

DISKUSI

Suwarno Wirjosimin :

1. Pada pernyataan TLD ditempatkan pada permukaan fantom, apakah TLD dalam keadaan "telanjang" atau ada dalam *holdernya*?
2. Bagaimana penjelasan pernyataan yang mengikutinya, yaitu bahwa hasil pengukuran menunjukkan bahwa TLD LBG-0110 dapat digunakan langsung untuk mengukur dosis ekuivalen, apa perbedaan prinsip dengan cara sebelumnya?

Eri Hiswara :

1. TLD berada di dalam *holdernya*.
2. Penelitian dimaksudkan untuk melihat apakah sistem TLD LBG-0110 dapat digunakan untuk mengukur dosis ekuivalen perorangan seperti yang direkomendasikan ICRU. Hasilnya ternyata menunjukkan bahwa TLD LBG-0110 dapat digunakan langsung untuk mengukur dosis ekuivalen perorangan tersebut.