

KEBERGANTUNGAN TANGGAPAN DOSIMETER FOTOGRAFIK PERORANGAN KODAK TIPE-2 PADA SUDUT RADIASI DATANG DAN JARAK IRADIASI BETA

Nur Rohmah, Tuyono, Riau Amorino
Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir-BATAN

ABSTRAK

KEBERGANTUNGAN TANGGAPAN DOSIMETER FOTOGRAFIK PERORANGAN KODAK TIPE 2 PADA SUDUT RADIASI DATANG DAN JARAK IRADIASI SUMBER BETA. Telah dilakukan penelitian tentang kebergantungan tanggapan dosimeter fotografik perorangan Kodak tipe 2 pada sudut radiasi datang dan jarak iradiasi dari sumber standar sekunder beta $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Tiga buah *film badge* disinari pada permukaan fantom berukuran 30 cm x 30 cm x 15 cm menggunakan sumber beta $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ pada sudut radiasi datang (α) berturut-turut 20°, 40°, 60° dari normal (0°) serta jarak iradiasi 12 cm, 16 cm, 20 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm dan 50 cm dari pusat sumber dengan dosis penyinaran 3 mSv. Kerapatan optik pada posisi jendela terbuka (OW) dan di bawah filter plastik 1,5 mm (PI 1,5 mm) dibaca dengan densitometer untuk mendapatkan tanggapan dosis beta. Tanggapan maksimum diperoleh pada sudut radiasi datang 0° dan jarak iradiasi 30 cm dari pusat sumber standar sekunder beta $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$. Besaran dosis yang diukur adalah $H'(0,07,\alpha)$ yang ditentukan dari nilai nisbah tanggapan dosimeter pada α , $R(0,07,\alpha)$ terhadap tanggapan dosimeter pada α normal, $R(0,07,0)$.

Kata kunci: dosimeter fotografik perorangan, kodak tipe-2, sumber beta, radiasi eksternal.

ABSTRACT

THE RESPONSE DEPENDENCE OF KODAK TYPE 2 PERSONAL PHOTOGRAPHIC DOSEMETERS ON RADIATION INCIDENT ANGLES AND IRRADIATION DISTANCE OF BETA SOURCE. A study on the response dependence of Kodak type 2 personal photographic dosimeters on radiation incidence angles and irradiation distance of beta secondary-standard source of $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ has been carried out. Three film badges were exposed on the front of phantom with dimensions of 30 cm x 30 cm x 15 cm using $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ beta source with radiation incidence angles (α) of 20°, 40°, 60 ° respectively from normally-incidence (0°). Irradiation distances were 12 cm, 16 cm, 20 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 50 cm from the source centre having exposed dose of 3 mSv. The optical density of open window (OW) and under plastic

jendela terbuka/*open window* (OW)

- Hampir semua energi radiasi gamma dapat mencapai film emulsi melalui filter plastik 1,5 mm (PI 1,5 mm). Filter ini cukup efektif untuk menahan hampir semua energi radiasi beta yang datang.

Di samping itu, karena adanya perbedaan tanggapan dosimeter terhadap radiasi beta dan foton, maka dalam evaluasi terhadap dosis beta, nilai tanggapan dosis beta diperoleh dari kerapatan optis di bawah OW (*unfiltered*) dan filter plastik tipis 1,5 mm (PI-2) dari dosimeter film yang digunakan, sehingga nilai tanggapan dosis beta (R_{beta}) dihitung dari perbedaan nilai kerapatan optis dari OW dan PI-2 yang dirumuskan dengan formula berikut [3] :

$$R_{\text{beta}} = \text{OW} - \text{PI } 1,5 \quad (1)$$

Komposisi *holder* film Chiyoda tipe AA untuk penelitian adalah sebagai berikut [2]:

2	1	
3	4 +	5
8	7	6

Keterangan :

- Open window (OW) tanpa filter
- Plastic-1 (PI-1') 0.5 mm
- Plastic-2 (PI-2') 1.5 mm
- Plastic-3 (PI-3) 3.0 mm
- Aluminium (Al') 0.6 mm
- Tembaga (Cu') 0.3 mm
- Timah (Sn) 0.8 mm + Timbal (Pb) 0.4 mm (Sn/Pb')
- Kadmium (Cd) 0.8mm + Timbal (Pb) 0.4 mm (Cd/Pb')

Tujuan utama dari layanan pemantauan dosis tara perorangan eksternal menggunakan dosimeter fotografik adalah mendapatkan hasil evaluasi dosis yang tepat

sudut normal pada permukaan fantom.

Umumnya kebergantungan tanggapan terhadap sudut dilakukan dengan dosimeter yang diiradiasi pada fantom PMMA berdimensi 30cm x 30cm x 15 cm dengan jarak konstan [5]. Selain itu, sudut radiasi datang harus dalam bidang tegak lurus satu terhadap yang lain melalui sumbu simetri yang sejajar dengan dosimeter. Berdasar asumsi di atas, umumnya berkas radiasi datang adalah *pararel*, namun dalam prakteknya berkas paralel dari sinar beta tidak ada. Hal inilah yang menyebabkan adanya variasi dari nilai $H(0,07, \alpha)$ terhadap sudut radiasi datang, karena adanya hamburan udara [3]. Sebagai tindak lanjut dari publikasi tersebut, maka tanggapan dosimeter pada berbagai sudut radiasi datang pada fantom perlu ditentukan. Umumnya α untuk uji adalah 20° , 40° dan 60° dari normal [7].

Dalam penelitian ini, besaran dosis yang diukur adalah $H(0,07, \alpha)$, yang merupakan dosis tara perorangan berarah di kedalaman 0,07 mm pada sudut radiasi datang α , yang nilainya ditentukan dari nisbah tanggapan dosimeter pada sudut radiasi datang α ; $R(0,07,\alpha)$ yaitu 20° , 40° dan 60° terhadap tanggapan pada sudut datang normal $R(0,07,0)$, yang selanjutnya dinamakan *tanggapan relatif* [6]. Nilai $H(0,07, \alpha)$ di samping bergantung pada α dan jarak iradiasi, juga dengan energi elektron (energi beta) [3]. Untuk itu, nilai $H(0,07, \alpha)$ juga bervariasi pada ketiga faktor tersebut.

Tanggapan relatif beta bervariasi dengan α , pada energi rendah maka semua energi beta diserap oleh materi detektor, sehingga tanggapan relatif konstan dengan α . Hal ini juga menunjukkan bahwa pada energi rendah, kenaikan tanggapan relatif konstan dengan kenaikan α . Sebaliknya pada energi menengah, kenaikan tanggapan relatif berlangsung cepat dan akhirnya menurun dengan kenaikan energi elektron, karena adanya hamburan di udara hasil interaksi antara atom-atom molekul udara dengan elektron dan selanjutnya pada energi tinggi, terjadinya proses penyerapan

digunakan dalam mengiradiasi dan mengevaluasi dosimeter fotografik tipe 2 buatan Kodak untuk tujuan pemantauan dosis tara perorangan eksternal beta dari sumber radiasi standar sekunder $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$.

TATA KERJA

Bahan

1. Sumber standar sekunder beta $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, aktivitas 74 MBq (21/6/1986), buatan PTB - Jerman, dengan filter perata berkas
2. Dosimeter fotografik tipe 2 buatan Kodak - USA
3. *Holder* film tipe AA buatan Chiyoda - Jepang
4. Densitometer Macbeth, model TD-301, buatan X-rite - USA
5. Fantom padat PMMA standar IAEA berukuran : 30cm x 30cm x 15cm buatan USA
6. Larutan pemroses film : (*developer, fixer*) buatan Kodak X-ray Developer, Eastman – USA dan akuades
7. Selotip.

Metode Kerja [5, 7, 8, 9]

1. Menghitung laju dosis serap dari sumber standar sekunder beta $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ (74 MBq)
Laju dosis serap pada saat pemakaian dihitung dengan persamaan berikut :

$$\dot{D}_g = \frac{\dot{D}_{g\text{PTB}} \cdot K_R \cdot K_H}{A} \quad (2)$$

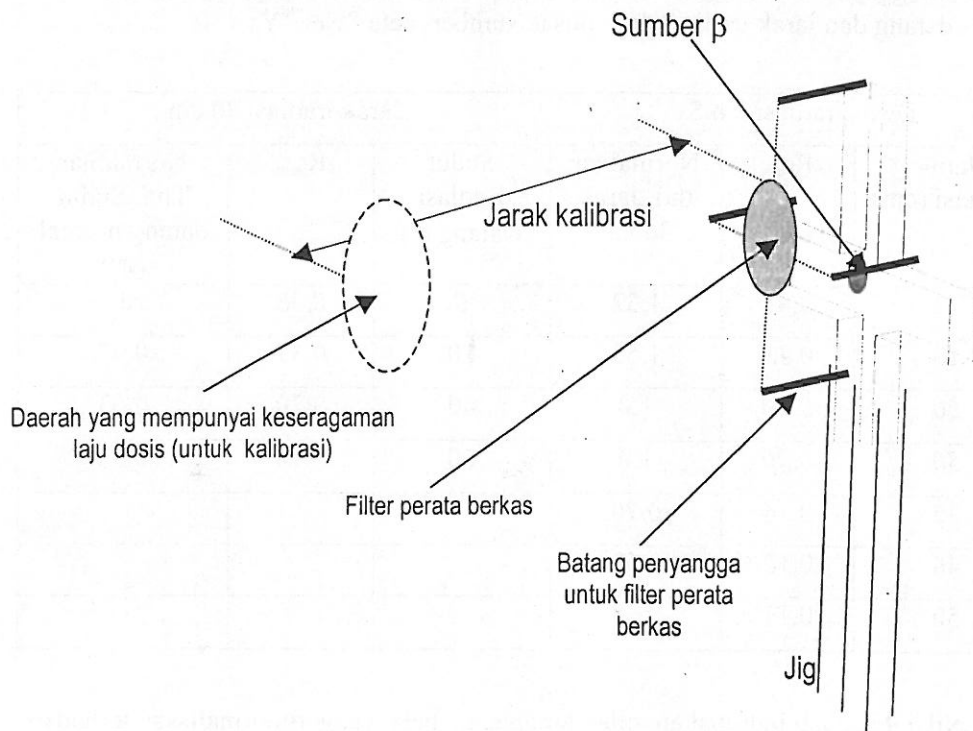
\dot{D}_g = laju dosis serap permukaan (kulit) saat penyinaran pada jarak tertentu (mSv)

$\dot{D}_{g\text{PTB}}$ = laju dosis serap dalam sertifikat yang diberikan oleh PTB-Jerman
= 1,974 $\mu\text{Gy}/\text{dt}$

5. Membaca kerapatan optis film dengan densitometer pada posisi jendela terbuka (OW') dan di bawah filter plastik 1,5 mm (PI 1,5 mm') untuk mendapatkan tanggapan dosis beta setelah dikurangi dengan kerapatan optis dosimeter fotografik kontrol (latar)
6. Tanggapan dosis beta (R_{beta}) dihitung berdasarkan pernyataan [1] di atas :

$$R_{\text{beta}} = OW' - PI 1,5 \quad (4)$$

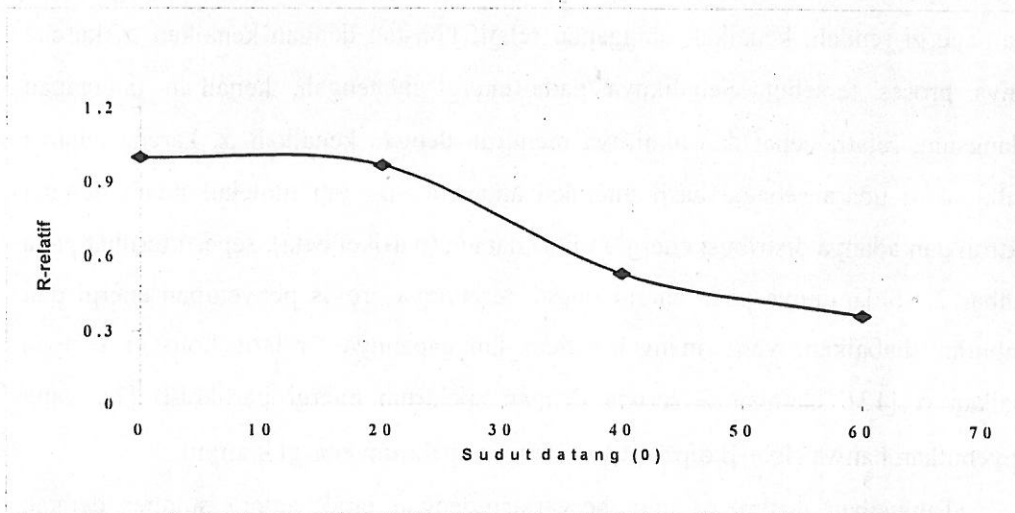
7. Hasil perhitungan nilai R_{beta} yang diperoleh, dinormalisir terhadap kondisi optimal iradiasi yang diperoleh dalam percobaan yaitu jarak dan sudut radiasi datang ideal untuk penyinaran.



Gambar 1. Susunan peralatan iradiasi TLD Badge dengan sumber $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ [7]

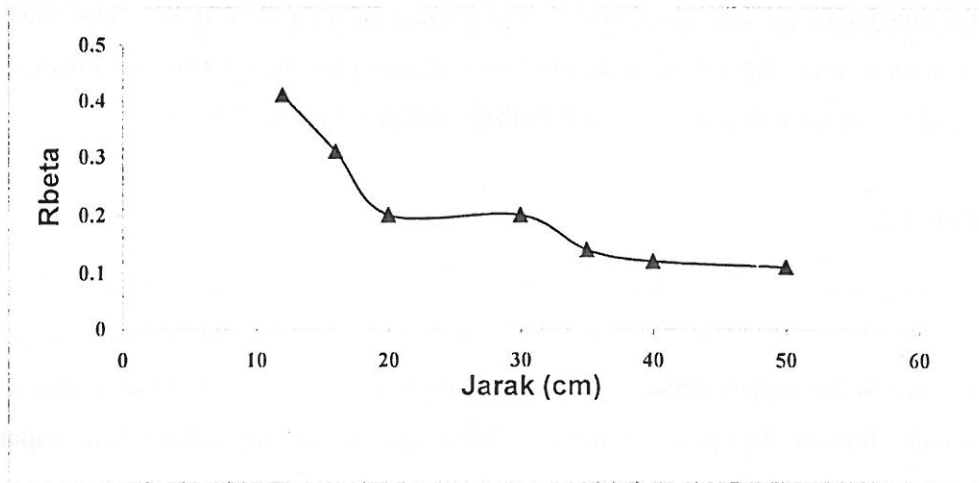
penyinaran *film badge* dengan perhitungan besaran laju dosis menggunakan koefisien konversi yang sesuai dengan besarnya sudut radiasi datang dan jarak iradiasinya [6]. Namun berdasar publikasi terakhir [10], pada penggunaan koefisien konversi untuk sinar beta (elektron) tidak digunakan, karena umumnya laju dosis pada berkas kalibrasi telah diketahui untuk sumber standar sekundernya atau telah ditentukan dalam besaran laju dosis pada kedalaman 0,07 mm di bawah jaringan tubuh.

Besaran yang ditentukan dalam penelitian ini adalah tanggapan relatif (R-relatif) beta, ditentukan dari nilai nisbah tanggapan dosimeter pada sudut radiasi datang α , $R(0,07,\alpha)$ terhadap tanggapan pada sudut datang normal, $R(0,07,0)$, yang nilainya bervariasi dengan geometri penyinaran yang meliputi α dan juga jarak iradiasinya dari sumber ke film badge [6]. Tanggapan beta bervariasi terhadap α , yang dinyatakan pada Gambar 2, dimana nilainya merupakan hubungan antara tanggapan relatif dengan α .



Gambar 2. Kurva tanggapan relatif terhadap sudut radiasi datang dari *filmbadge*

udara dengan elektron dalam bentuk eksitasi dan ionisasi dan juga adanya distribusi energi radiasi datang yang memasuki dosimeter.



Gambar 3. Kurva tanggapan *film badge* terhadap jarak radiasi beta

Interaksi antara sinar beta dengan materi menyebabkan ionisasi di mana dalam proses ini terjadi penyerapan energi dari sinar beta kepada materi yang dilaluinya. Karena proses ionisasi inilah maka sepanjang lintasannya, energi sinar beta akan terserap seluruhnya oleh medium yang dilaluinya. Untuk partikel beta berenergi rendah, ionisasinya bernilai besar dan berkurang secara cepat untuk energi yang makin besar hingga mencapai nilai yang konstan pada energi tertentu, seperti yang dinyatakan dalam [1]. Hal itu tampak pada Gambar 3 bahwa pada jarak lebih kecil (< 20 cm, tanggapan beta menurun dengan tajam.

Seperti telah disebutkan di atas, jika partikel beta melintas dekat ke inti suatu atom maka gaya tarik elektrostatis inti atom yang kuat menyebabkan partikel beta membelok dengan tajam dan kehilangan energinya dengan memancarkan radiasi

5. International Commission on Radiation Units and Measurements, "Dosimetry of External Beta Rays for Radiation Protection", ICRU Report 56, Bethesda, MD, 1997: 22-25; 46-49
6. International Organization for Standardization, "Reference Beta Radiation for Calibrating Dosimeters and Dose-rate Meters and for Determining their Response as a Function of Beta-Radiation Energy", ISO 6980 (E), 1996: 1 – 12
7. International Organization for Standardization, "Personal Photographic Dosimeters", ISO 1757, 1996: 20-24
8. Physikalisch -Technische Bundesanstalt, "Beta Secondary Standard", Abtcilung 6, Braunschweig, 4 September 1986
9. Anonim, "Petunjuk Pelaksanaan Kalibrasi Surveymeter Beta", Fotokopi 1986
10. International Atomic Energy Agency, "Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments", Safety Reports Series No.16, IAEA, Vienna, 2000 82-91, 125-128
11. ROHLOFF, F., et al., "The influence of irradiation geometry on the response of different personal dosimeters for beta dosimetry", Radiation Protection Dosimetry, Vol.14 No.2, 1986 141 – 144
12. CHRISTENSEN, P., Review of personal monitoring techniques for the measurement of absorbed dose from external beta and low energy photon radiation, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 14 No.2 (1986) 127 – 135.