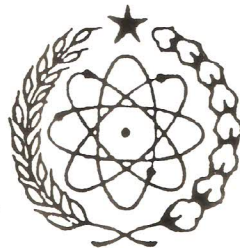


**PRESENTASI ILMIAH  
KESELAMATAN RADIASI DAN LINGKUNGAN**

ISSN: 0854-4085

Jakarta, 18 - 19 Agustus 1993



**PUSAT STANDARDISASI DAN PENELITIAN KESELAMATAN RADIASI  
BADAN TENAGA ATOM NASIONAL**

Jl. Cinere Pasar Jumat, PO Box 7043 JKSL JAKARTA 12070  
Telp. 7693906, Telex: 62354, Fax: (021) - 7697959 BATAN Jakarta.

1993

**SUSUNAN TIM PENYUSUN PROSIDING PRESENTASI ILMIAH  
KESELAMATAN RADIASI DAN LINGKUNGAN**

**SK KEPALA PSPKR NO. 26/KP 02 01/SKR/1993**

---

<b>Ketua</b>	<b>: Drs. Abubakar Ramain</b>	<b>PSPKR</b>
<b>Sekretaris</b>		
<b>Bukan Anggota</b>	<b>: Ka. Sub. Bag. Ilmiah &amp; Dokumentasi</b>	<b>PSPKR</b>
<b>Anggota</b>	<b>: 1. Ir. Joesran Zoebar.</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>2. Drs. Sunaryo.</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>3. Drs. Suhartono Zahir.</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>4. dr. Sumanto.</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>5. dr. Kunto Wiharto</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>6. Drs. Eri Hiswara, M.Sc.</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>7. Dr. Moh. Fathony.</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>8. Dr. PY. Topo Suprihadi.</b>	<b>PSPKR</b>
	<b>9. Dr. Med. Agus Suatmadji.</b>	<b>PSPKR</b>

## D A F T A R I S I

Laporan Ketua Panitia Penyelenggara .....	ix
Sambutan Kepala PSPKR Batan. ....	xi
Sambutan dan Peresmian Presentasi Ilmiah oleh Direjen Batan. ....	xiii

**MAKALAH UNDANGAN**

Aspek Hukum Pelaksanaan Pengawasan Keselamatan Radiasi dan Lingkungan. MOENDI POERNOMO. ....	1
Proteksi Dalam Kecelakaan Nuklir: Sebuah Pengalaman Dari Musibah Chernobyl. SOEKOTJO JOEDOATMODJO. ....	10

**KELOMPOK A: BIDANG PROTEKSI RADIASI, KALIBRASI DAN  
STANDARDISASI**

1. Regenerasi Termoluminesensi Laten Pada Quarsa Alam Dengan Sinar Ultra Ungu. DR. MUHAMMAD FATHONY. ....	21
2. Analisis Dosis Kecelakaan Neutron Dengan Sulfur. SRI WIDAYATI. ....	30
3. Metode Pemantauan Dosimeter Perorangan Neutron Dengan Detektor Cr-39. ABUBAKAR RAMAIN, NUR ROHMAH DAN BUNAWAS. ....	37
4. Dosis Pekerja Radiasi di Indonesia 1987 - 1991. ERI HISWARA, RIAU AMORINO, SUYATI DAN HURIYATIL AFIAH. ....	46
5. Evaluasi Terhadap Pekerja Radiasi di Indonesia (selama Pelita IV). ARIFIN S. KUSTIONO DAN NOVIYANTI NOOR. ....	60
6. Pengukuran Dosis Interna Pekerja Radiasi PPTA-Serpong. HANAFI KAMARZ DAN R. SUMINAR TEDJASARI. ....	67
7. Metode Standardisasi Tl-201 dengan Menggunakan Sistem Pencacah Koinsidensi 4 Phi(Ec)Gamma. GATOT WURDIYANTO DAN PUJADI. ....	77

8. Metode Pengukuran Radiasi Gamma Dosis Tinggi Dengan Detektor Cr-39.  
M. THOYIB THAMRIN, HELFI YULIATI, ABUBAKAR RAMAIN  
DAN BUNAWAS. .... 87
9. Daya Pakai Larutan Pencuci Dosimeter Film.  
MUKHLIS AKHADI DAN NINA HERLINA. .... 94
10. Aplikasi Besaran ICRU Pada Pemantau Perorangan TLD BG-1.  
ERI HISWARA, SRI SUBANDINI L.; NURMAN RAJAGUKGUK  
DAN PARDI. .... 104
11. Rancang Bangun Detektor Bilik Pengionan Grafit dan Aplikasinya.  
MULYADI R., BAMBANG W.O., MUSLIM, SURATNA, SUDARSONO  
DAN NAZAR W.I. .... 111
12. Faktor Koreksi Pada Pembuatan Sumber Standar Radioaktif I-131  
dan Co-57 Pada Penyangga Berbentuk Rod Dari Bahan Pleksiglass.  
PUJADI, NAZAROH DAN ERMI JUITA. .... 118
13. Model Metabolik Perkiraan Dosis Radiasi Interna.  
R. SUMINAR TEDJASARI DAN ELFRIDA SARAGI. .... 125
14. Pengembangan Analisa Aktifasi Neutron Instrumentasi di Reaktor  
GA Siwabessy Untuk Analisa Cuplikan Lingkungan.  
SAEFUL Y., RUSKA P.P., RUKUHATI, E. SIHOMBING  
DAN ARLINAH KUSNOWO. .... 139
15. Pembuatan Rangkaian Antarmuka Untuk Memonitor Limbah Radioaktif  
Cair di PPTN Batan.  
LELI YUNIARSARI. .... 148
16. Evaluasi Keselamatan Pekerja di PPTA Serpong.  
SRI WIDAYATI, ERWANSYAH LUBIS, R. SUMINAR TEDJASARI  
DAN SOFYAN YATIM. .... 160
17. Efek Radiophotoluminesensi Sebagai Metode Pengukuran Dosis  
Radiasi.  
TOPO SUPRIHADI. .... 173

A10

**APLIKASI BESARAN ICRU PADA PEMANTAU PERORANGAN TLD BG-1**

Eri Hiswara, Sri Subandini L., Nurman Rajagukguk dan Pardi

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi BATAN

**ABSTRAK**

**APLIKASI BESARAN ICRU PADA PEMANTAU PERORANGAN TLD BG-1.** ICRU telah memperkenalkan besaran dosis ekuivalen perorangan tembus dan dosis ekuivalen perorangan kulit untuk pemantauan perorangan. Pengukuran telah dilakukan untuk menggunakan besaran-besaran ini pada pemantau perorangan dengan sistem TLD BG-1. Dalam pengukuran ini TLD yang dipasang pada permukaan fantom padat ukuran 30 x 30 x 15 cm disinari dengan radiasi foton berbagai energi dan dengan besaran ICRU dalam dosis ekuivalen sebesar 1 mSv. Nilai paparan foton diukur dengan dosimeter Farmer, dan kemudian diubah ke dalam besaran ICRU menggunakan koefisien konversi yang tersedia. Tanggapan TLD dibaca dengan alat baca TLD Harshaw model 2000. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem TLD BG-1 dapat digunakan untuk mengukur besaran-besaran tersebut. Tanggapan energi dan sudut sistem TLD juga dipelajari.

**ABSTRACT**

**THE APPLICATION OF THE ICRU QUANTITIES FOR BG-1 TLD PERSON-NEL MONITORING.** The ICRU has introduced the quantities of individual dose equivalent penetrating and individual dose equivalent superficial for individual monitoring. Measurements have been made to apply these quantities for a BG-1 TLD system. In these measurements TLDs mounted on the surface of a slab phantom of 30 x 30 x 15 cm were irradiated with photon of various energies and with ICRU quantities in dose equivalent of 1 mSv. Values of exposures at the position of the TLD in the absence of the TLD and the phantom were converted to ICRU quantities using published conversion coefficients. The results show that the BG-1 TLD system is readily suitable for the measurement of those quantities. The energy and angular response of the TLD system were also studied.

**PENDAHULUAN**

Komisi Internasional untuk Satuan dan Pengukuran Radiasi (ICRU) telah merekomendasikan penggunaan dua besaran untuk tujuan pemantauan perorangan, yaitu dosis ekuivalen perorangan tembus,  $H_p(10)$ , dan dosis ekuivalen perorangan kulit,  $H_s(0,07)$  [1]. Besaran pertama berlaku untuk radiasi dengan daya tembus kuat, dan besaran kedua berlaku untuk radiasi dengan daya tembus lemah.

Kedua besaran dosis ekuivalen perorangan didefinisikan pada tubuh manusia sehingga tidak dapat diukur langsung. Seperti yang direkomendasikan ICRU, besaran-besaran ini dapat didekati dengan penggunaan bola ICRU sebagai fantom dari tubuh manusia.

Pada rekomendasi terakhirnya [2], ICRU menyadari bahwa bola ICRU ternyata tidak praktis, sulit untuk dibuat dan jumlah dosimeter yang dapat disinari dalam satu waktu adalah terbatas. Karena itu kemudian kedua besaran didefinisikan pada fantom padat dengan ukuran 30 x 30 x 15 cm.

Dalam makalah ini diuraikan aplikasi kedua besaran dosis ekuivalen perorangan pada sistem pemantau perorangan dengan TLD BG-1 yang diukur pada fantom padat. TLD BG-1 adalah sistem TLD yang digunakan di PSPKR Batan untuk mengukur dosis perorangan pekerja radiasi di lingkungan Batan dan beberapa instansi di luar Batan. Selain itu dipelajari pula tanggapan energi dan sudut dari TLD BG-1 tersebut.

BAHAN

Bahan d

1. TLD

keping

depan

kan ur

Al dig

2. Pesaw

3. Pesaw

4. Dosim

untuk

mR/me

5. Fantom

6. Alat b

radiasi

Tata kerj

Pe

kan ISO [

di permuk

Pe

patkan sat

TLD sede

Ke

detektor 6

HASIL DA

Ke

paparan. U

sinar X, 8,

Per

dengan me

gunakan fa

Tan

gan kulit, l

unjuk kerj

faktor  $\pm 0$ 

di bawah 6

## BAHAN DAN TATA KERJA

### BG-1

#### Bahan dan peralatan

1. TLD BG-1, yang merupakan kartu TLD berisi dua chip LiF (TLD-100) dari Harshaw di dalam keping teflon. Kartu TLD dimasukkan ke dalam holder dengan satu jendela terbuka dan satu filter di depan kedua chip. Filter yang digunakan adalah 2 mm Al. TLD di bawah jendela terbuka dimaksudkan untuk mengukur dosis radiasi dengan daya tembus lemah, sementara yang di bawah filter 2 mm Al digunakan untuk mengukur dosis radiasi dengan daya tembus yang besar.
2. Pesawat sinar X MG-420, yang mampu membangkitkan sinar X dengan energi sekitar 30 - 300 keV.
3. Pesawat OB-85 yang berisi sumber Cs-137 dan Co-60.
4. Dosimeter Farmer dengan detektor 600 cc. Dengan volume yang agak besar ini, dosimeter berfungsi untuk mengukur nilai paparan foton tingkat proteksi radiasi, yaitu paparan dengan laju dalam orde mR/menit.
5. Fantom padat 30 x 30 x 15 cm, yang berfungsi sebagai simulasi tubuh manusia.
6. Alat baca TLD Harshaw model 2000, digunakan untuk mengukur tanggapan TLD terhadap dosis radiasi yang diterimanya.

#### Tata kerja

Pemantau perorangan TLD BG-1 disinari dengan foton dengan spesifikasi seperti yang diberikan ISO [3] (lihat Tabel 1). Jarak antara fokus sinar X atau sumber radiasi dengan TLD yang dipasang di permukaan fantom padat 30 x 30 x 15 cm diatur sejauh 1,5 m.

Pengukuran besaran dosis ekuivalen perorangan dilakukan dengan menyinari TLD yang ditempatkan satu sumbu dengan berkas foton. Penentuan tanggapan sudut dilakukan dengan menempatkan TLD sedemikian rupa sehingga berkas radiasi datang pada sudut  $\alpha^\circ$  (lihat Gambar 1).

Keluaran pesawat sinar X, sumber C-137 dan Co-60 diukur dengan dosimeter Farmer dengan detektor 600 cc. Tanggapan TLD dibaca dengan alat baca TLD Harshaw model 2000.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Keluaran sumber radiasi foton yang diukur dengan dosimeter Farmer adalah dalam satuan paparan. Untuk mengubah paparan menjadi kerma udara digunakan faktor konversi 8,77 mGy/R untuk sinar X, 8,78 mGy/R untuk Cs-137 dan 8,79 mGy/R untuk Co-60 [4].

Penentuan besaran dosis ekuivalen dan tanggapan TLD sebagai fungsi energi dan sudut diperoleh dengan menyinari TLD dengan dosis ekuivalen 1 mSv. Konversi kerma udara ke dosis ekuivalen menggunakan faktor konversi seperti yang diberikan pada Tabel 2 [5].

Tanggapan energi relatif dosis ekuivalen perorangan tembus, Hp(10), dan dosis ekuivalen perorangan kulit, Hs(0,07), pada rentang energi 33-1250 keV, diberikan pada Gambar 2. Berdasarkan kriteria unjuk kerja Eropa untuk pemantauan perorangan, ketidak-pastian pengukuran harus tidak melebihi faktor  $\pm 0,31$  [5]. Seperti terlihat pada Gambar 2, kriteria ini tidak dicapai untuk Hs(0,07) pada energi di bawah 65 keV. Menyempurnakan tanggapan pada energi sekitar 33 keV dengan menambah filter

dipandang tidak realistis karena akan merusak tanggapan yang rendah dari dosimeter secara keseluruhan. Karena itu dilakukan koreksi terhadap algoritma Hs(0,07), sehingga jika TLD-2 adalah TLD di bawah filter 2 mm Al dan TLD-1 di bawah jendela terbuka, diperoleh evaluasi Hp(10) dan Hs(0,07) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Hp}(10) &= \text{TLD-2} \\ \text{Hs}(0,07) &= \text{TLD-1 (untuk TLD-1/TLD-2} < 1,1) \\ \text{Hs}(0,07) &= 0,75 \text{ TLD-1 (untuk TLD-1/TLD-2} > 1,1) \end{aligned}$$

Gambar 3 dan 4 masing-masing memperlihatkan tanggapan relatif Hp(10) dan Hs(0,07) sebagai fungsi energi dan sudut. Suatu sistem TLD dapat dipandang memiliki unjuk kerja yang memuaskan jika variasi tanggapan sebagai fungsi energi dan sudut tidak lebih dari  $\pm 0,40$  [5]. Dari Gambar 3 terlihat bahwa unjuk kerja TLD untuk besaran Hp(10) memenuhi kriteria di atas. Untuk besaran Hs(0,07), seperti terlihat pada Gambar 4, untuk ketiga sudut 20°, 40° dan 60°, kriteria dipenuhi pada rentang energi di atas 65 keV, sementara di bawah energi ini diperoleh perkiraan lebih.

## KESIMPULAN

Dengan kekecualian kebergantungan tanggapan terhadap energi dan sudut di bawah 65 keV, dapat disimpulkan bahwa sistem TLD BG-1 dapat digunakan untuk mengukur besaran dosis ekuivalen perorangan tembus, Hp(10), dan dosis ekuivalen perorangan kulit, Hs(0,07).

## PUSTAKA

1. ICRU. Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources. ICRU Report 39. ICRU, Bethesda (1985).
2. ICRU. Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations. ICRU Report 47. ICRU, Bethesda (1992).
3. ISO. X-ray and Gamma Reference Radiations for Calibrating Dosimeters and Dose Rate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy. ISO 4037 (1979).
4. P. AMBROSI, 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.
5. P. CHRISTENSEN, H.W. JULIUS, T.O. MARSHALL. Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation. EUR 5287 Revised. CEC, Brussels (1992).

Tegangan (kV)
------------------

40
80
120
250
Cs-137
Co-60

Energi rata-rata (keV)
------------------------------

33
65
100
205
662
1250

cara keseluru-  
adalah TLD di  
dan Hs(0,07)

Tabel 1. Karakteristik energi foton yang digunakan.

Tegangan (kV)	Filter tetap (mm Al)	Filter Pb	tambahan Sn	(mm) Cu	HVL (mm Cu)	Energi rata-rata (keV)
40	4,0	-	-	0,21	0,09	33
80	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

an Hs (0,07)  
rja yang me-  
40 [5]. Dari  
atas. Untuk  
eria dipenuhi

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

Energi rata-rata (keV)	Hp (10, $\alpha$ )				Hs (0,07)			
	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=20^\circ$	$\alpha=40^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=20^\circ$	$\alpha=40^\circ$	$\alpha=60^\circ$
33	1,22	1,20	1,10	0,89	1,29	1,28	1,26	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

wah 65 keV,  
osis ekivalen

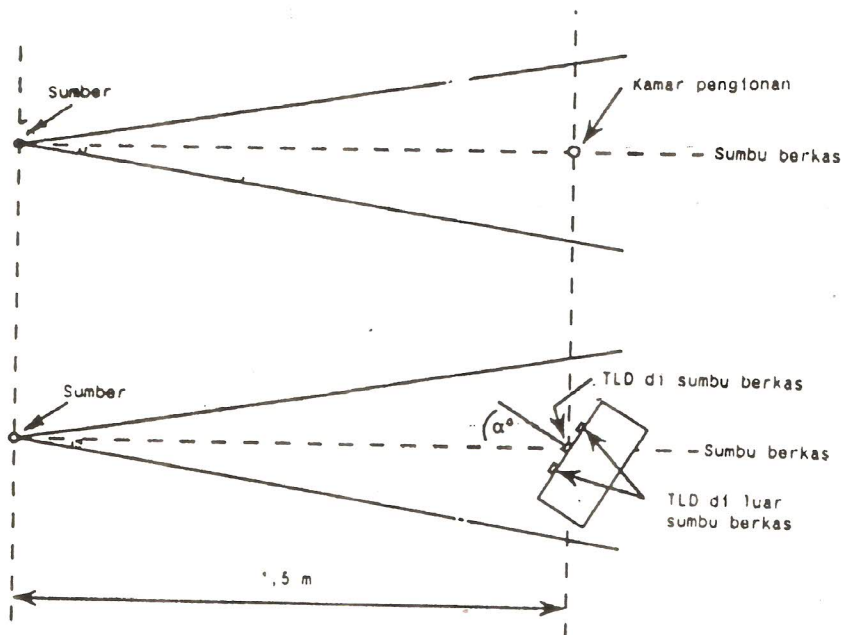
rces. ICRU

ions. ICRU

emeters and

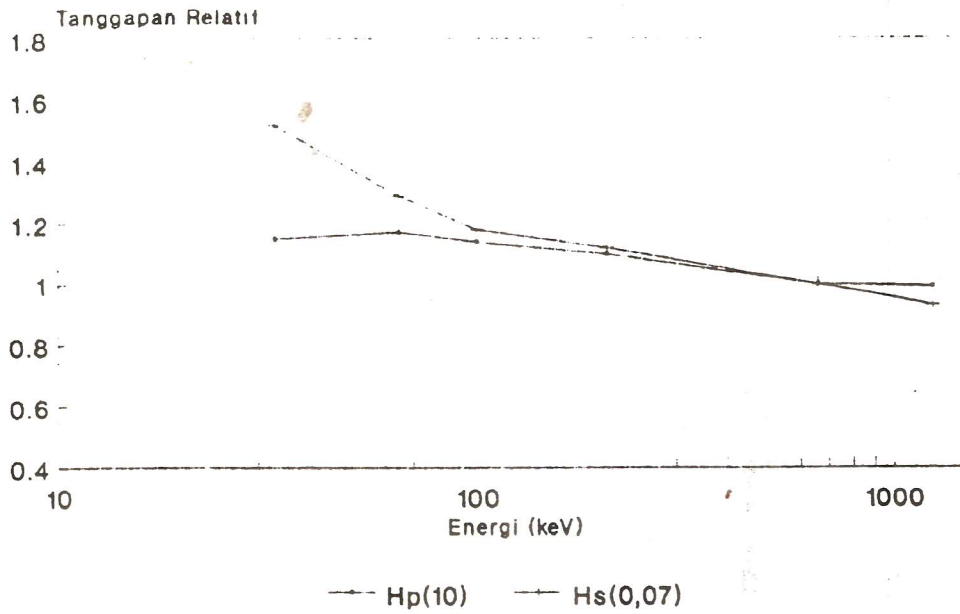
Programme  
oring. PTB-

or Monitor-  
C, Brussels

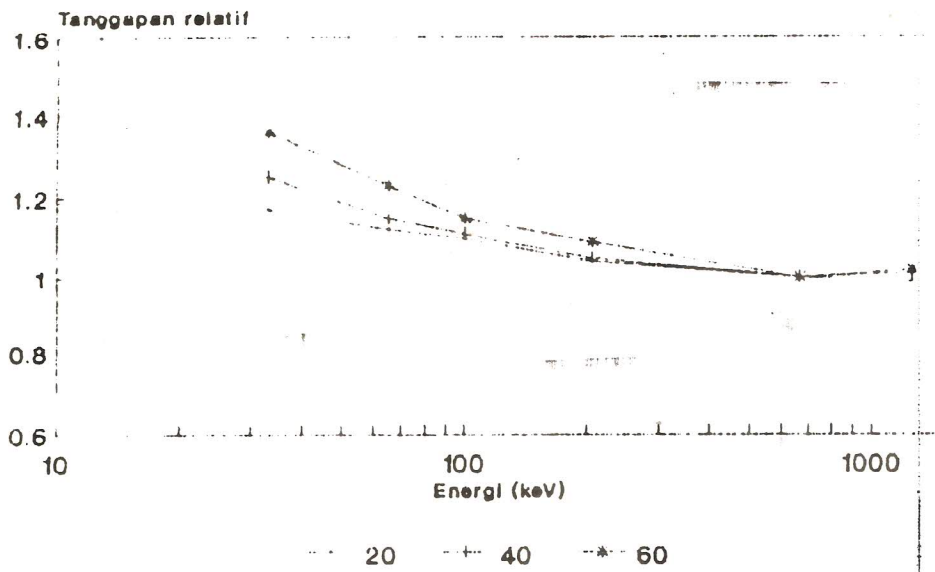


Gambar 1. Penyusunan TLD untuk penentuan kebergantungan energi dan sudut.

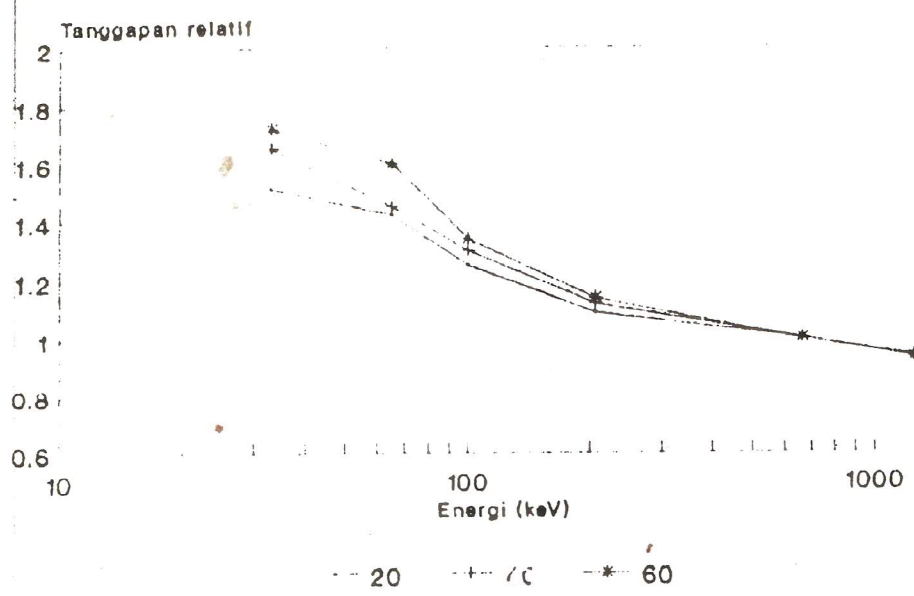




Gambar 2. Hp(10) dan Hs(0,07) Relatif Terhadap Energi 662 keV.



Gambar 3. Kebergantungan energi dan Sudut Ho(10).



Gambar 4. Kebergantungan energi dan Sudut Hs(0,07).

## DISKUSI

### *Sri Widayati*

1. Tebal filter untuk TLD-1 dan TLD-2 yang ada pada holder berapa.
2. Dari mana diperoleh angka 0,75 untuk mengoreksi TLD-1 jika  $TLD-1/TLD-2 > 1,1$
3. Apakah tebal TLD-1 dan TLD-2 sama, dan berapa tebalnya.
4. Apakah arti fisis dari Hp (10, $\alpha$ ) dan Hs (0,07, $\alpha$ ).

### *Eri Hiswara*

1. TLD-1 berada dibawah jendela terbuka, sedang TLD-2 berada di bawah filter dengan ketebalan 1000 mg/cm<sup>2</sup>.
2. Jika nisbah TLD-1/TLD-2 > 1,1, kriteria unjuk kerja untuk Hs (0,07) tidak terpenuhi, dan ini terlihat pada energi foton di bawah 65 keV. Dengan mengalikan bacaan TLD-1 dengan 0,75, kriteria Hs(0,07) menjadi tercapai.
3. Tidak sama. Tebal TLD-1 adalah 0,381 mm, dan tebal TLD-2 0,889 mm.
4. Hp(10, $\alpha$ ) adalah dosis ekuivalen perorangan untuk kedalaman 10 mm di bawah permukaan kulit, dengan  $\alpha$  adalah besar sudut datang berkas radiasi terhadap alat ukur. Seding Hs (0,07, $\alpha$ ) adalah dosis ekuivalen perorangan untuk kedalaman 0,07 mm di bawah permukaan kulit, dengan  $\alpha$  adalah besar sudut datang berkas radiasi terhadap alat ukur. Hp(10, $\alpha$ ) berlaku untuk radiasi dengan daya tembus besar seperti gama dengan netron, sedang Hs(0,07,  $\alpha$ ) berlaku untuk radiasi dengan daya tembus lemah seperti radiasi beta atau sinar-X.

R  
Telah dir  
volume r  
Untuk me  
ketebalan  
teflon. Ka  
medan rad  
tidak men  
kan arus b  
gamma C

DI  
CATION  
therapy  
material.  
was coate  
was isolat  
minute the  
the curren  
19,63 R/s

## PENDAH

Da  
nuklir, di  
1 cm<sup>3</sup> dan  
oleh bahan  
pengukura  
detektor te

Dal  
hubungann  
dinding ron  
isolasi anoc  
Bah  
Spiers F. W.  
dinding ron  
tabel di baw