

## PENENTUAN FAKTOR KONVERSI DOSIS TLD GLASS CaSO<sub>4</sub> dan PENDOSE DIGITAL PDM-I02 TERHADAP FILM BADGE

Sugito'

### Abstrak

Penentuan faktor konversi dosis TLD glass CaSO<sub>4</sub> dan Pendose Digital PDM-I02 terhadap film badge. Telah dilakukan evaluasi dosis TLD glass CaSO<sub>4</sub> dan pendose digital PDM -I02 terhadap film badge. Dalam penelitian ini dilakukan irradiasi terhadap ketiga jenis personal dosimeter menggunakan sumber standar Cs-137. Variasi dosis diatur dengan memvariasi waktu 0,5 jam, 1 jam dan 2 jam. Pembacaan dosis TLD glass CaSO<sub>4</sub> dilakukan dengan TLD reader yang dimiliki Pusdiklat, sedangkan dosis film badge dievaluasi di PTKMR. Dengan membandingkan nilai evaluasi dosis ketiga jenis personal dosimeter dapat ditentukan suatu nilai faktor konversi. Diperoleh nilai faktor konversi untuk TLD glass CaSO<sub>4</sub> antara 0,76 - 0,94 sedangkan untuk Pendose digital PDM-I02 adalah 0,82 - 1,58.

### Pendahuluan

#### a) Latar Belakang

Setiap pekerja radiasi harus menggunakan sekurang-kurangnya satu buah personal dosimeter, hal ini diperlukan untuk mengetahui besarnya dosis yang diterima bersangkutan atau istilah lain pemantauan eksternal. Dosimeter perorangan ada beberapa jenis yaitu yang dapat dibaca langsung (dosimeter saku) dan tidak dapat dibaca langsung (TLD atau Film badge). Dosimeter yang tak dapat dibaca langsung harus diproses atau diolah oleh instansi yang telah terakreditasi dan ditunjuk oleh Badan Pengawas (SK Kepala BAPETEN NO.OI/Ka.BAPE-TENN -1999).

TLD glass CaSO<sub>4</sub> yang dimiliki Pusdiklat tidak dapat dikalibrasi, oleh karena itu diperlukan suatu pembandingan dengan menggunakan film badge yang diproses oleh instansi yang terakreditasi dalam hal ini PTKMR. Dengan membandingkan kedua personal dosimeter tersebut maka akan diperoleh

suatu nilai konstanta yang dapat disebut sebagai faktor konversi, sehingga besarnya dosis pada TLD glass yang sebenarnya dapat diketahui.

#### b) Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai faktor konversi dari masing-masing Pendose digital PDM-I02 dan masing-masing elemen dari TLD glass CaSO<sub>4</sub>.

Untuk mengetahui layak atau tidaknya kedua personal dosimeter tersebut digunakan sebagai alat pengukur dosis radiasi.

### TEORIDASAR

#### a) Personal Dosimeter Digital PDM-I02

Personal Dosimeter Digital PDM-I02, sebagai detektornya digunakan bahan semikonduktor yaitu dari bahan silikon yang memiliki beberapa kelebihan yaitu dapat mendeteksi radiasi sinar-x maupun sinar gamma, penunjukan nilai dosis secara langsung,

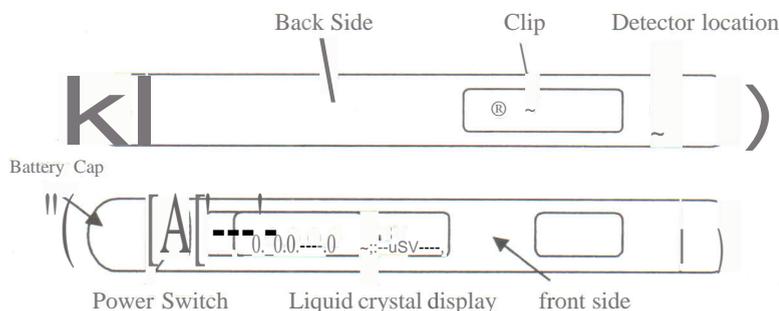
• Fungsional Pranata Nuklir - Pusdiklat

response energy antara 50 keV sampai dengan 3 MeV dan dapat direset secara otomatis.

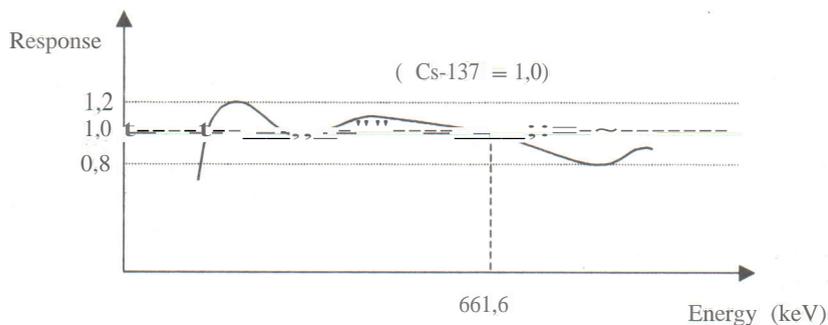
Bahan semikonduktor akan menyerap energy radiasi yang melaluinya sehingga elektronnya dapat berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Bila kedua ujung bahan semikonduktor tersebut terdapat beda potensial  $< 3$  eV, maka akan terjadi aliran listrik yang kemudian akan diubah menjadi nilai suatu dosis.

dosis radiasi yang mengenainya maka tingkat kehitaman film akan semakin pekat. Detektor film ditempatkan di dalam holder yang berisi beberapa bahan sebagai filter terhadap energi radiasi dengan demikian film badge ini dapat membedakan jenis dan energi radiasi yang mengenainya.

Dalam pemakaian film badge harus diperhatikan batas saturasi tingkat kehitaman film dan masalah fading. Oleh sebab itu film badge harus sudah



Gambar 1. Pendose Digital PDM-102

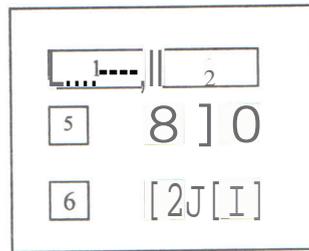


Gambar 2. Respon energy Pendose Digital PDM-102

#### b) Film Badge

Film Badge menggunakan detektor film sebagai tempat untuk "menyimpan" dosis radiasi yang mengenainya secara akumulasi selama film tersebut belum diolah atau diproses. Semakin banyak

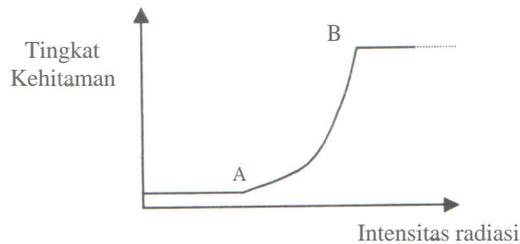
diproses sebelum dosis radiasi mencapai nilai saturasi. Untuk masalah fading perlu diperhatikan kondisi tempat penyimpanan film badge karena temperatur dan kelembaban akan dapat mempengaruhinya. Kelebihan film badge salah satunya adalah mempunyai sifat



Keterangan:

- 1 = tanpa filter
- 2 = plastik (0,5 mm)
- 3 = plastik (1,5 mm)
- 4 = plastik (3,0 mm)
- 5 = Alumunium (0,6mm)
- 6 = Tembaga (0,3mm)
- 7 = Sn(0,8 mm) + Pb (0,4 mm)
- 8 = Cd (0,8mm) + Pb (0,4mm)

Gambar 3. Konstruksi holder film merk Chiyoda



Gambar 4. Karakteristik tingkat kehitaman film

akumulasi yang lebih baik dibandingkan dosimeter saku.

Tingkat kehitaman bayangan pada film sebanding dengan intensitas radiasi yang mengenainya. Untuk mengetahui tingkat kehitaman film setelah diproses digunakan alat ukur densitometer.

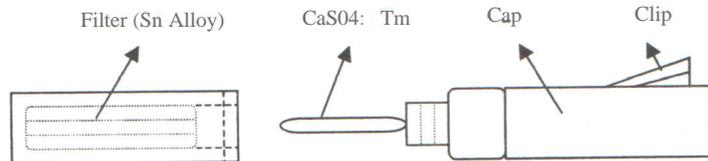
Tingkat kehitaman film akan sebanding dengan intensitas radiasi pada daerah antara A dan B.

c) Dosimeter Termoluminisensi (TLD) glass CaS04

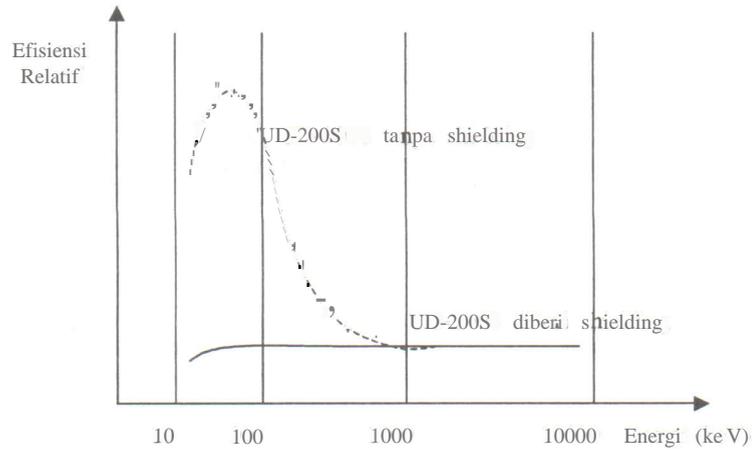
TLD glass CaS04 digunakan untuk keperluan dosimeter tipe UD-200S,

dimana bahan ini memiliki kemurnian yang tinggi. TLD glass terdiri dari dua elemen yang terbuat dari kaca dengan diameter 2 mm dan panjang 15 mm didalamnya terdapat kristal Kalsium sulfat.

Sesitifitasnya amat baik pada energy diatas 200 keY, demikian pula sensitifitasnya akan bertambah 400 % pada energy 100 keV dan 900 % pada energy 60 keY seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Untuk menghilangkan pengaruh energy terhadap sensitifitasnya maka TLD glass ini diberi bahan Sn alloy pada bagian dalam cap (penutupnya).



Gambar 5. TLD Glass CaS04:Tm



Gambar 6. Kurva hubungan energi dan sensitivitas TLD Glass CaSO<sub>4</sub>

Proses termoluminisensi akan terjadi pada TLD glass bilamana bahan tersebut disinari radiasi. Pemrosesan dilakukan dengan memanaskan kristal (CaSO<sub>4</sub>) TLD pada temperatur sekitar 400 derajat Celsius dan dalam beberapa menit 2 hingga 10 menit. Pembacaan dosis pada TLD glass dilakukan dengan menggunakan alat yang dinamakan Reader.

Kelebihannya adalah TLD ini dapat dipergunakan lagi setelah dilakukan pemrosesan, kemampuan dosis yang dapat diukur antara 1 uSv sampai dengan 10 Sv.

Untuk menghindari terjadinya kesalahan pembacaan jumlah dosis maka sebelum digunakan TLD glass CaSO<sub>4</sub> ini harus dilakukan annealing pada suhu 400 derajat Celsius pada pesawat heater.

**d) Laju Dosis Ekuivalen**

Untuk menghitung besarnya laju dosis ekuivalen (H) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut;

$$H = r.A / r^2 \text{ (uSv/jam) } \dots\dots\dots 1$$

Dimana;

A = Aktivitas sumber radiasi saat pengukuran (MBq)

r = faktor gamma (uSv m<sup>2</sup> / MBq jam) untuk Cs-137 adalah 0,0910

r = Jarak sumber terhadap personal dosimeter (m)

Sedangkan untuk menghitung aktivitas pada saat dilakukan pengukuran (A<sub>t</sub>) menggunakan persamaan berikut ;

$$A_t = A_o \cdot \text{Exp}^{-(0,6931 / t_{1/2}) \cdot t} \text{ (MBq) } \dots\dots\dots 2$$

Dimana;

A<sub>o</sub> = Aktivitas mula-mula (MBq)

t<sub>1/2</sub> = Waktu paro, untuk Cs-137 adalah 30,05 th

t = selang waktu (th)

Faktor konversi ( F konv.) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ;

$$F \text{ konv.} = D_{fb} / D \text{ tid. } \dots\dots\dots 3$$

Atau

$$F_{\text{konv.}} = D_{\text{fb.}} / D_{\text{pd.}} \dots\dots\dots 4$$

Dimana;

$D_{\text{fb.}}$  = Dosis terukur film badge (mSv)

$D_{\text{tid}}$  = Dosis terukur tid glass CaSO<sub>4</sub> (mSv)

$D_{\text{pd}}$  = Dosis terukur personal dosimeter digital PDM-102 (mSv)

**Peralatan Dan Bahan**

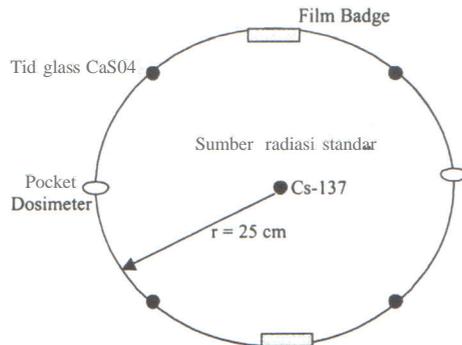
Peralatan dan bahan yang digunakan untuk kegiatan penelitian ini terdiri dari ;

- Sumber standar (JRIA) Cs-137 dengan aktivitas 50 mCi tanggal 1 Februari 1998
- TLD glass CaSO<sub>4</sub>
- Pendose digital PDM-102
- Film Badge Chiyoda
- Tatakan plastik Fiber
- Tang penjepit
- TLD reader
- Pesawat Heater
- Stop watch
- Surveymeter

**Prosedur Penelitian**

**a) Irradiasi**

- Siapkan tatakan, personal dosimeter, sumber standar dan stop watch
- Letakkan beberapa buah TLD glass CaSO<sub>4</sub> yang telah dipanaskan selama beberapa menit ( maksimum 10 menit), film badge dan pocket dosimeter digital mengelilingi sumber dengan jarak 25 ern.
- Letakkan sumber standar Cs-137 di tengah tatakan, pada saat bersamaan tekan tombol start stop watch.
- Lakukan irradiasi selama 30 menit.,
- Catat dosis radiasi yang ditampilkan pada pocket dosimeter, TLD glass CaSO<sub>4</sub> pada TLD Reader, dan film badge di PTKMR.
- Dengan cara yang sarna lakukan irradiasi beberapa personal dosimeter dengan waktu irradiasi selama 1jam dan 2 jam, lalu catat dosis radiasinya.



Gambar7. Tata letak personal dosimeter terhadap Sumber radiasi standar

- Dari data dosis radiasi personal dosimeter tersebut, hitung faktor konversi Pocket dosimeter dan TLD glass CaS04 terhadap film badge.

ekivalen (H) pada huruf ABCD, dimana H adalah ;

$$H = (10^2 B + 10 C + D) \times 10^N \cdot 5$$

b) **Calibrasi TLD Reader**

- Siapkan beberapa buah TLD glass CaS04 yang telah diiradiasi pada jarak dan waktu yang telah ditentukan, kemudian hitung aktivitas sumber radiasi dengan menggunakan persamaan 2
- Tekan REQUEST 4 lalu tekan ENTER , pada display akan ditampilkan tanggal (sesuaikan tanggal saat pengukuran ), kemudian tekan ENTER lagi.
- Tekan tombol ENTER lagi , untuk menampilkan kondisi TLD reader ( suhu heater, OCF dan sebagainya ).
- Tekan tombol reset untuk memunculkan nomor elemen TLD glass ( 001 ) dan nilai dosis ekivalennya ( 000 mSv).
- Tarik keluar SLIDER dan putar 90 derajat searah dengan jarum jam, maka pada display akan ditampilkan tulisan CAL
- Tekan tombol READ, maka TLD reader secara otomatis akan melakukan kalibrasi internal ( 10 kali pembacaan). Setelah itu TLD reader akan menampilkan nilai faktor kalibrasinya.
- Putar kembali SLIDER 90 derajat berlawanan dengan arah jarum jam.
- Untuk melakukan kalibrasi eksternal reader dengan menggunakan TLD glass , tekan tombol REQUEST kemudian tekan tombol SHIFT dan tombol A bersamaan. Display akan menampilkan tulisan ACL-ABCD. Masukkan nilai dosis

A	7	0	1	2
N	-1	0	1	2

- Masukkan nilai A, B, C dan D sesuai dengan hasil perhitungan nilai dosis ekivalen (H), lalu tekan tombol ENTER maka pada display akan ditampilkan nilai dosis ekivalen H sesuai persamaan 5 .
- Tekan tombol ENTER ,maka pada display akan ditampilkan AOI 00.0 uSv
- Tarik keluar SLIDER dan lakukan pembacaan untuk 10 buah TLD glass CaS04 dengan cara menekan tombol READ , pada display akan ditampilkan nomor elemen dan nilai dosis ekivalen.
- Setelah selesai pembacaan lakukan Print out data nilai dosis ekivalen tersebut,maka akan ditampilkan faktor kalibrasi eksternal reader.

c) **Sensitifitas TLD glass CaS04**

- Lakukan kalibrasi internal TLD reader seperti langkah diatas
- Dengan cara menekan tombol E kemudian ENTER ,lakukan pembacaan TLD glass CaS04 yang telah diiradiasi dengan sumber radiasi standar Cs-137 .
- Dari data nilai dosis ekivalen tersebut maka dapat dihitung nilai ECF dari masing-masing TLD glass CaS04 tersebut, kemudian pilih yang nilai ECFnya 1 atau mendekati 1.

### Basil Dan Pembahasan

Dari hasil evaluasi dosis ( tabel 1 ) terlihat ada 5 (lima ) buah pendose digital PDM-102 ( nomor seri 494 ) mempunyai nilai faktor konversi diatas 1,2 yang terjadi pada setiap waktu irradiasi ( 0,5 ; 1 dan 2 jam ) ini menunjukkan pendose digital tersebut tidak boleh digunakan sebagai personal monitor , hal ini dimungkinkan telah terjadi kerusakan pada bagian detektor atau sistim elektroniknya. Untuk tipe yang sarna ada 6 (enam) buah yang dapat digunakan sebagai personal monitor karena memiliki nilai faktor konversi antara 0,87 - 0,93 .

Untuk pendose digital dengan tipe yang berbeda ( nomor seri 18 ) sebanyak 6 (enam ) buah memiliki nilai faktor konversi rata - rata 0,82 - 0,89 ini menunjukkan pendose tersebut dapat dipergunakan sebagai personal monitor.

Dari hasil eveluasi dosis (tabel 2) terlihat semua TLD glass CaS04 ( nomor seri 9n, 32 dan 79 ) memiliki nilai faktor konversi rata-rata 0,8 - 0,94 ini menunjukkan bahwa TLD glass tersebut dapat dipergunakan sebagai personal monitor karena berada di dalam range antara 0,8 - 1,2.

### Daftar Pustaka

1. *Distance Learning Project. Personal Dosimetry. Jakarta (1999)*
2. *Katagiri. Experiment on TLD CaS04., Batan- Jaeri, Jakarta (march 2006)*
3. *Diktat Proteksi Radiasi., Alat Ukur Radiasi, Pusdiklat-Batan, Jakarta (2006)*

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapatlah ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut;

- Kalibrasi internal dan eksternal TLD reader harus dilakukan sebelum dilakukan pembacaan nilai dosis dari TLD glass CaS04.
- Selektifitas TLD glass CaS04 harus dilakukan untuk mendapatkan nilai sensitifitas  $\approx 1$  atau mendekati 1
- Semua TLD glass CaS04 yang digunakan pada penelitian ini dapat dipergunakan sebagai personal monitor karena berada pada nilai konversi antara 0,8 s/d 1,2.
- Pendose digital PDM-102 yang digunakan pada penelitian ini , hanya 12 buah yang memiliki nilai faktor konversi antara 0,8 s/d 1,2 sedangkan ada 5 buah yang melebihi nilai konversi tersebut diatas, sehingga tidak layak digunakan sebagai personal monitor..

Lampiran I

Tabel ID OSISekivalen dan faktor konversi pendose D'igita IPDM -102

No.Seri	Dosis ekivalen (uSv)			Faktor			Faktor konversi
	Konversi			0,5 jam	1jam	2jam	
Pendose	0,5 jam	1jam	2jam	0,5 jam	1jam	2jam	rerata
49411	973	2055	3974	0,87	0,84	0,93	0,88
49415	584	1205	2405	1,46	1,43	1,54	1,48
49416	948	1957	3981	0,90	0,88	0,93	0,90
49421	978	1914	3827	0,87	0,90	0,97	0,91
49422	579	1181	2373	1,47	1,46	1,56	1,50
49426	947	1912	3753	0,90	0,90	0,99	0,93
49427	557	1118	2212	1,53	1,54	1,67	1,58
49431	579	1179	2362	1,47	1,46	1,57	1,50
49424	933	1924	3788	0,91	0,90	0,98	0,93
49413	635	1304	2571	1,34	1,32	1,44	1,37
49428	1000	2061	4043	0,85	0,84	0,92	0,87
1864	1077	2136	4250	0,79	0,81	0,87	0,82
1863	1001	2008	4022	0,85	0,86	0,92	0,88
1862	1036	2065	4124	0,82	0,84	0,90	0,85
1861	998	2010	4000	0,85	0,86	0,93	0,88
1866	1020	2039	4059	0,83	0,85	0,91	0,86
1865	997	1993	3921	0,85	0,87	0,94	0,89
Film Badge	850	1725	3705				

## Lampiran 2 (-1-)

Tabel 2. Dosis Ekuivalen dan Faktor Konversi TLD Glass CaSO<sub>4</sub>

No. Seri	DOSIS (uSv)			Faktor Konversi			Faktor konversi rerata
	0,5 jam	1 jam	2jam	0,5 jam	1jam	2jam	
TLD							
9n0001	1090	2020	4290	0,78	0,85	0,86	0,83
	1180	2410	4450	0,72	0,72	0,83	0,76
9n0002	1010	2250	4460	0,84	0,77	0,83	0,81
	1060	2270	4390	0,80	0,76	0,84	0,80
9n0003	1030	2140	4330	0,83	0,81	0,86	0,83
	1060	2250	4490	0,80	0,77	0,83	0,80
9n0004	943	2150	4340	0,90	0,80	0,85	0,85
	1060	2250	4670	0,80	0,77	0,79	0,79
9n0005	1040	2230	4450	0,82	0,77	0,83	0,81
	1130	2270	4380	0,75	0,76	0,85	0,79
9n0041	1000	2020	3850	0,85	0,85	0,96	0,89
	1080	2060	4160	0,79	0,84	0,89	0,84
9n0042	1030	2080	4230	0,83	0,83	0,88	0,84
	1060	2230	4480	0,80	0,77	0,83	0,80
9n0043	1080	2190	4410	0,79	0,79	0,84	0,80
	1080	2160	4300	0,79	0,80	0,86	0,82
9n0045	1050	2110	4340	0,81	0,82	0,85	0,83
	1100	2080	4530	0,77	0,83	0,82	0,81
9n0046	1100	2160	4470	0,77	0,80	0,83	0,80
	1070	2140	4390	0,79	0,81	0,84	0,81
9n0048	1020	2170	4300	0,83	0,79	0,86	0,83
	1090	2290	4550	0,78	0,75	0,81	0,78
9n0049	975	2200	4170	0,87	0,78	0,89	0,85
	1030	2200	4200	0,83	0,78	0,88	0,83
9n0050	1060	2080	4310	0,80	0,83	0,86	0,83
	1050	2170	4490	0,81	0,79	0,83	0,81
32105 I	1030	2150	3900	0,83	0,80	0,95	0,86
	1100	2290	4450	0,77	0,75	0,83	0,79
321056	1050	2010	4070	0,81	0,86	0,91	0,86
	1100	2040	4220	0,77	0,85	0,88	0,83
321057	1040	2100	4040	0,82	0,82	0,92	0,85
	1060	2120	4100	0,80	0,81	0,90	0,84
321058	1080	1990	4010	0,79	0,87	0,92	0,86
	1180	2010	4040	0,72	0,86	0,92	0,83
321059	1080	2270	4510	0,79	0,76	0,82	0,79
	1110	2240	4420	0,77	0,77	0,84	0,79
321060	918	2080	4150	0,93	0,83	0,89	0,88
	988	2120	4450	0,86	0,81	0,83	0,84
Film Badge	850	1725	3705				

## Lampiran 2 (-2-)

No. Seri	DOSIS (uSv)			Faktor Konversi			Faktor konversi rerata
	0,5 jam	1 jam	2jam	0,5 jam	1 jam	2jam	
TLD							
790055	1070	2160	4130	0,79	0,80	0,90	0,83
	1040	2030	4010	0,82	0,85	0,92	0,86
790056	1090	2090	3860	0,78	0,83	0,96	0,86
	1040	2050	3880	0,82	0,84	0,95	0,87
790061	1030	2060	3960	0,83	0,84	0,94	0,87
	1070	2100	3920	0,79	0,82	0,95	0,85
790064	963	2020	3930	0,88	0,85	0,94	0,89
	1040	2120	4130	0,82	0,87	0,90	0,84
790067	943	2090	3950	0,90	0,83	0,94	0,89
	996	2060	4080	0,85	0,84	0,97	0,87
790072	950	2030	3900	0,89	0,85	0,95	0,90
	1010	2130	4090	0,84	0,87	0,97	0,85
790074	1090	2000	4120	0,78	0,86	0,90	0,85
	1120	2050	4150	0,76	0,84	0,89	0,83
790076	886	1960	3760	0,96	0,88	0,99	0,94
	992	2040	3980	0,86	0,85	0,93	0,88
790077	1050	2080	4070	0,87	0,83	0,97	0,85
	1120	2150	4180	0,76	0,80	0,89	0,82
790079	1030	2020	3950	0,83	0,85	0,94	0,87
	1030	2050	3870	0,83	0,84	0,96	0,87
790082	942	2030	3850	0,90	0,85	0,96	0,90
	999	2190	3950	0,85	0,79	0,94	0,86
790083	973	1970	3770	0,87	0,88	0,98	0,91
	1050	2100	3920	0,87	0,82	0,95	0,86
790084	1060	2140	3930	0,80	0,87	0,94	0,85
	1060	2020	4050	0,80	0,85	0,91	0,86
790087	1010	1960	3830	0,84	0,88	0,97	0,90
	1090	2060	4230	0,78	0,84	0,88	0,83
790090	1040	2150	3960	0,82	0,80	0,94	0,85
	1050	2190	3980	0,87	0,79	0,93	0,84
790091	969	1990	3960	0,88	0,87	0,94	0,89
	1120	2370	4450	0,76	0,73	0,83	0,77
790092	966	2130	3940	0,88	0,87	0,94	0,88
	1050	2150	3980	0,87	0,80	0,93	0,85
790094	1000	2010	3840	0,85	0,86	0,96	0,89
	1060	2210	4260	0,80	0,78	0,87	0,82
790095	971	1960	3830	0,88	0,88	0,97	0,91
	1150	2280	4450	0,74	0,76	0,83	0,78
790097	1000	2030	3960	0,85	0,85	0,94	0,88
	1010	2150	3950	0,84	0,80	0,94	0,86
790098	929	1870	3800	0,97	0,92	0,98	0,94
	934	1960	3860	0,97	0,88	0,96	0,92
Film Badge	850	1725	3705				