

✓
107900-78
E41
PPGM - L 167-78

**GELAS SEBAGAI DOSIMETER UNTUK SINAR
GAMMA**

Sutrisno Puspodikoro



**BADAN TENAGA ATOM NASIONAL
PUSAT PENELITIAN TENAGA ATOM GAMA
YOGYAKARTA — INDONESIA**

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche.

**Teknik dan Teknologi
Instrumentasi
Deteksi Partikel dan
Radiasi, dan Alat-alat
dan Cara Pengukuran**

PPGM - L 167 - 78

**GELAS SEBAGAI DOSIMETER UNTUK SINAR
GAMMA**

Sutrisno Puspodikoro

1978

**BADAN TENAGA ATOM NASIONAL
Pusat Penelitian Tenaga Atom Gama
Jl. Babarsari Kotakpos 8 Telpn 3661
YOGYAKARTA - INDONESIA**

A B S T R A C T

The advantages of glass as a γ -rays dosimeter are studied. Experiments have shown that ordinary microscope object glass can be used as a dosimeter, which dose range for linear response extends from about $10^4 - 10^6$ rads. Heat treatment of the irradiated samples accelerates the initial fading of coloration and stabilizes the residual optical density. On the other side cooling of them retards the initial fading.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
PENDAHULUAN	1
DOSIMETER RADIASI NUKLIR	3
PROSEDUR EXPERIMEN	6
TINJAUAN HASIL EXPERIMEN	8
KESIMPULAN	10
DAFTAR PUSTAKA	14

GELAS SEBAGAI DOSIMETER UNTUK SINAR GAMMA

PENDAHULUAN

Co - Unit "GAMMACELL 220" milik Fakultas Ilmu Pasti Alam (FIPA), Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, yang pengaturan pemakaian dan perawatannya dikuasakan kepada Pusat Penelitian Tenaga Atom Gama BATAN, banyak dipakai untuk penelitian, baik dari kalangan UGM dan BATAN, maupun dari pihak luar kalangan tersebut. Adapun penelitian yang dilakukan, meliputi bidang-bidang biologi, kedokteran, pertanian, industri dan penelitian dasar ilmu kimia serta fisika.

Pada waktu Co - Unit tersebut baru dibeli pada tanggal 5 Desember 1960, sertifikat yang disertakan oleh *University of California* menyatakan, bahwa aktivitas Co - 60 pada tanggal 3 November 1960, sebagai sumber radiasi adalah sebesar 1315 Ci, sedang cepat dosisnya adalah $1,2 \times 10^5$ rad per jam $\pm 3 - \frac{1}{2} \%$ di pusat wadah iradiator itu. Dengan menggunakan TABEL I, baik aktivitasnya maupun cepat dosisnya dapat dihitung setiap waktu sesudah tanggal 3 November 1960 itu.

Meskipun aktivitas dan cepat dosis Co - Unit itu dapat dihitung, akan tetapi untuk mendapat data yang lebih tepat, perlu dilakukan penelitian secara *experimentil* untuk memperoleh data mengenai dosis yang lebih tepat dan lebih lengkap.

Penelitian yang pertama telah dilakukan pada bulan November,

tahun 1971, dengan menggunakan dosimeter Fricke [1] dan pada bulan November 1977, penelitian diulang kembali dengan menggunakan peralatan yang lebih sempurna [2]. Pada kedua penelitian ini penentuan dosis tidak hanya dilakukan di pusat wadah iradiator saja, melainkan juga di tempat lain dalam wadah iradiator tersebut. Hal ini mengingat, bahwa pada waktu iradiasi cuplikan, cuplikan-cuplikan itu menempati seluruh wadah iradiator. Maka mudah difahami bahwa cuplikan-cuplikan yang ada di tengah wadah, akan menerima dosis yang berbeda dengan cuplikan-cuplikan yang ada di pinggir wadah. Direncanakan, bahwa pada waktu mendatang, setiap kali menyinari cuplikan, akan disertakan dosimeter, hingga dapat diketahui dengan tepat, berapa dosis yang diterima cuplikan-cuplikan itu masing-masing.

Meskipun dosimeter Fricke itu kesaksamaannya dapat diandalkan [3], akan tetapi pemakaiannya kurang nyaman. Hal ini disebabkan oleh dua faktor berikut:

- a. larutan Fricke ditempatkan dalam tabung gelas, hingga kemungkinan pecah apabila disertakan bersama cuplikan yang disinari selalu ada;
 - b. perlakuan larutan Fricke sebelum dan sesudah iradiasi cukup rumit.
- Oleh karena itu perlu dipikirkan dosimeter yang lebih nyaman pemakaiannya daripada dosimeter Fricke itu.

Dalam penelitian berikut gelas preparat mikrosko, dipakai sebagai dosimeter untuk sinar γ , yang perlakuannya baik sebelum, maupun sesudah iradiasi jauh lebih sederhana dari dosimeter Fricke, di samping kemungkinan akan pecah juga lebih sedikit. Sekalipun dosimeter gelas preparat, yang disertakan dengan cuplikan, yang disinari itu pecah, hal ini tidak mengganggu, jadi berbeda dengan dosimeter Fricke, yang berisi cairan.

DOSIMETER RADIASI NUKLIR

Radiasi nuklir pada hakikatnya adalah penyebaran partikel-partikel, yang bergerak dalam ruang di sekeliling sumber radiasi. Partikel-partikel tersebut berasal dari inti atom, yang mengalami disintegrasi dan selalu mempunyai tenaga, akan tetapi tidak selalu memiliki massa ataupun muatan listrik. Apabila akan dilakukan pengukuran terhadap radiasi nuklir, maka hal ini dapat dilakukan dengan memperhatikan sifat-sifat dari partikel-partikel radiasi tersebut. Beberapa cara penentuan besarnya radiasi nuklir adalah:

1. Penentuan disintegrasi per satuan waktu, yang disebut aktivitas. Pelaksanaannya dilakukan dengan alat cacah, yang pada pokoknya terdiri atas detektor nuklir dan alat skala. Satuan aktivitas adalah curie (Ci) dan ditetapkan : $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ dps}$.

2. Penentuan paparan atau singkapan radiasi nuklir, yang didefinisikan sebagai berikut: Paparan atau singkapan, (X), adalah kosien dari ΔQ terhadap Δm , dengan ΔQ sebagai jumlah muatan listrik dari semua ion-ion, yang muatannya sejenis, yang dihasilkan dalam udara, jika semua elektron-elektron, yang dibebaskan oleh foton-foton dalam suatu elemen volume dari udara, dengan massa m , dihentikan seluruhnya sama sekali dalam udara itu.

$$\text{Jadi : } X = \Delta Q / \Delta m$$

Khusus untuk paparan atau singkapan ini, satuannya adalah rontgen (R) dan ditetapkan :

$$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C} / \text{kg}_{\text{udara}} = 1 \text{ ses} / 0,001293 \text{ g}_{\text{udara}}$$

3. Penentuan dosis tenaga terabsorpsi atau lazimnya disingkat "dosis" saja dan ditetapkan : Dosis (D), adalah kosien dari ΔE terhadap Δm , dengan ΔE sebagai tenaga yang disampaikan oleh partikel-partikel radiasi pengion kepada elemen volume materi dan Δm sebagai massa dari elemen volume materi tersebut.

$$\text{Jadi :} \quad D = \Delta E / \Delta m$$

Satuan khusus untuk dosis ini adalah rad (*radiation absorbed dose*) dan ditetapkan, bahwa :

$$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ joule / kg} = 100 \text{ erg / g.}$$

Sehubungan dengan penelitian gelas preparat, yang akan dipergunakan sebagai dosimeter, maka yang akan dipakai untuk penentuan besarnya radiasi sinar γ , adalah dosis radiasi sinar γ itu dinyatakan dalam rad.

Efek radiasi nuklir terhadap materi yang disinari dengan sinar γ pada hakikatnya adalah akibat langsung atau tidak langsung dari transfer tenaga dari foton γ kepada atom-atom atau molekul-molekul dari materi tersebut. Pada umumnya efek sinar γ terhadap materi yang disinari itu adalah campuran dari bermacam-macam jenis interaksi, di antaranya efek fotolistrik, efek Compton, pembentukan pasangan, dan sebagainya.

Apabila gelas disinari dengan sinar γ maka gelas, yang semula bening transparan tidak berwarna, akan menjadi coklat abu-abu, akan tetapi masih tetap transparan. Sampai sekarang masih belum diketahui dengan pasti, sebab-sebab dari perubahan warna dari gelas yang disinari dengan sinar γ itu. Data experimental mengenai hal ini yang mendetail belum diperoleh, hingga belum dapat disusun suatu teori yang memuaskan.

Perubahan warna yang terjadi pada gelas yang disinari dengan sinar γ itu menyebabkan perubahan densitas optis yang dapat diukur, hingga memungkinkan gelas itu dipakai sebagai dosimeter untuk sinar γ . Maka dosimeter gelas ini digolongkan dosimeter sekunder. Pengukuran dosis radiasi nuklir dapat dilakukan secara kalorimetris; maka dalam hal ini kalorimeter itu digolongkan dosimeter primer, karena dapat menentukan dosis radiasi secara langsung. Pada prinsipnya sebarang zat, yang dapat memberi tanggapan, yang berbeda-beda, apabila menerima dosis radiasi, yang berbeda-beda pula, dapat dipakai sebagai dosimeter sekunder. Akan tetapi dosimeter sekunder yang baik, adalah yang memenuhi syarat-syarat sebagai berikut : [4]

1. Tanggapan dosimeter terhadap jumlah dosis radiasi yang diterimanya, harus sebanding dan meliputi jangkauan dosis yang lebar ialah kira-kira antara $10 - 10^8$ rad.
2. Dosimeter harus tidak bergantung dari cepat dosis, ialah antara beberapa rad per menit sampai 10^{10} rad per detik.
3. Dosimeter harus tidak bergantung, baik dari tenaga radiasi, maupun dari transfer tenaga linier dari radiasi itu.
4. Dosimeter harus tidak bergantung dari temperatur.
5. Dosimeter harus reproduksibel, dengan kesaksamaan $\pm 2\% - 5\%$, yaitu kesaksamaan yang dianggap sudah memenuhi untuk berbagai keperluan.
6. Dosimeter harus stabil pada kondisi normal, misalnya terhadap paparan cahaya, terhadap kelembaban, dan sebagainya, baik sebelum, maupun sesudah iradiasi.

Dalam praktek tidak ada satu dosimeterpun, yang dapat memenuhi semua persyaratan tersebut di atas, termasuk dosimeter gelas.

PROSEDUR EXPERIMEN

a. Bahan-bahan yang dipakai:

Gelas preparat mikroskop, merk "RESISTANCE L & W", buatan Jerman, ukuran 1 x 26 x 76 mm, yang untuk keperluan penelitian dipotong sebagian, hingga ukuran menjadi 1 x 20 x 60 mm. Gelas tidak berwarna dan transparan.

b. Peralatan yang dipakai:

Gamma Irradiator GAMMACELL 220, buatan *Atomic Energy of Canada Limited, Commercial Products*. Cepat dosisnya pada 3 November 1977, dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R_t = R_0 e^{-\lambda t}$$

diperoleh:

R_t = cepat dosis pada 3 November 1977 = $1,28 \times 10^4$ rad/jam
kalau R_0 = cepat dosis pada 3 November 1960 = $1,2 \times 10^5$ rad/jam
dan : $\lambda = 0,693 / T_{1/2} = 1,5011 \times 10^{-5} / \text{jam}$

Pada 3 November 1977, yaitu saat dimulai penelitian ini, cepat dosis, diukur dengan dosimeter Fricke = $1,26 \times 10^4$ rad / jam.

Dari hasil-hasil cepat dosis tersebut dapat diketahui, bahwa, kesaksamaan dosimeter Fricke, relatif terhadap cepat dosis terhadap cepat dosis terhitung, adalah 1,5% lebih rendah.

Untuk pengukuran densitas optis gelas preparat, yang telah disinari dengan sinar γ , dipakai spektrofotometer Beckman 25 pada panjang gelombang 410 nm.

Untuk pemanasan gelas preparat sebagai cuplikan, baik sebelum maupun sesudah diradiasi, dipakai tamur merk "MEMMERT", buatan Jerman.

c. Perlakuan terhadap cuplikan:

Sebelum diradiasi cuplikan dibersihkan terlebih dahulu dengan cara merendamnya dalam larutan kalium bikromat dan asam sulfat selama 72 jam, kemudian mencucinya dengan aquabides dan akhirnya mengeringkannya dalam tamur selama 3 jam pada suhu $110^{\circ} - 125^{\circ} \text{C}$.

Pada iradiasi dengan sinar γ , cuplikan-cuplikan ditancapkan dalam sepotong plastik, yang besarnya tepat memenuhi separo ruang radiasi. Posisi-posisi cuplikan diatur sedemikian, hingga 12 cuplikan berada tepat di tengah-tengah ruang radiasi. Variasi dosis diambil 0,3, 0,6, 0,9, 1,2, 4,2 Mrad.

Cuplikan-cuplikan setelah diradiasi diukur densitas optiknya dengan spektrofotometer Beckman 25, pada panjang gelombang 410 nm. Hasil pengukuran ini disajikan secara grafik pada Gambar I.

d. Suatu masalah yang tidak diinginkan pada pemakaian gelas sebagai dosimeter ini adalah, pemudaran (= *fading*) warna gelas, yang telah diradiasi dengan sinar γ itu.

Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap pudar-warna ini, cuplikan yang telah diradiasi dengan sinar γ itu, dipanasi sampai 70°C dan 80°C . Hasilnya adalah seperti tertera pada Gambar II. Bagaimana pengaruh pendinginan sampai 0°C , dapat dilihat hasilnya pada Gambar II itu juga.

TINJAUAN HASIL EXPERIMEN

Hasil pengukuran cuplikan-cuplikan, yang telah diradiasi dengan sinar γ pada berbagai macam dosis itu, menunjukkan bahwa antara $15 \cdot 10^4 - 10^6$ rad, grafik pada Gambar I masih linier.

Hasil penelitian yang dilakukan di Rusat Penelitian Tenaga Atom Pasar Jumat Jakarta, dengan menggunakan gelas preparat yang sejenis [5], menyatakan bahwa lebar jangkau dosis dapat meliputi $4 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^6$ rad. Pengukuran densitas optik dengan dosimeter.

Dalam literatur [4] disebut, bahwa dosimeter gelas jenis gelas fosfat yang diaktifkan dengan perak, lebar jangkau dosis masih linier antara $5 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^6$ rad. Pengukuran densitas optiknya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 350 nm. Untuk gelas beronsilikat yang diaktifkan dengan kobal, jangkau lebar dosis masih linier antara $10^3 - 10^6$ rad; pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 350 - 400 nm. Khusus mengenai gelas kobal jenis ini, dikatakan bahwa lebar jangkau dosis, yang dapat dimanfaatkan adalah antara $10^4 - 10^6$ rad.

Dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh para peneliti lain, maka hasil penelitian yang dilakukan di sini, dalam hal lebar jangkau dosis yang masih linier, adalah sesuai dengan penelitian yang dilakukan dengan gelas kobal tersebut.

Menurut para peneliti tersebut di atas, kesaksamaan dosimeter gelas itu dapat mencapai antara 2 - 5%.

Sesuai dengan hasil penelitian para peneliti lain, pada pemakaian dosimeter gelas ini, masalah pudar-warna dari gelas yang telah diradiasi dengan sinar γ perlu diperhatikan. Pada penelitian ini, pengaruh pemanasan dan pendinginan terhadap cuplikan yang telah diradiasi, diperiksa khusus untuk mengetahui bagaimana efeknya terhadap pudar-warna dari cuplikan tersebut.

Penelitian dari pengaruh pemanasan terhadap pudar-warna pada cuplikan yang telah diradiasi, dilakukan dengan cara memanasi cuplikan itu pada 130° selama 10 menit. Pada penelitian yang dilakukan di sini, cuplikan hanya dipanasi sampai 70° dan 80° C saja karena ditakutkan cuplikan akan pecah apabila dipanasi sampai 130° .

Untuk menyelidiki pengaruh pendinginan terhadap pudar-warna pada cuplikan yang telah diradiasi, cuplikan tersebut didinginkan sampai 0° C. Hasil dari pengamatan pengaruh pemanasan dan pendinginan terhadap pudar-warna dimuat pada gambar II.

Dari grafik yang terdapat pada Gambar II tersebut dapat dibaca, bahwa cepat pudar-warna untuk cuplikan yang tidak dikenakan perlakuan pemanasan atau pendinginan adalah 6,6% per 24 jam pertama. Untuk cuplikan yang sejenis, yang dipanasi 80° C, cepat pudar-warna ini menjadi 33% per 24 jam yang pertama, sedang cuplikan yang sejenis yang didinginkan tidak menunjukkan perubahan/pudar-warna dalam 24 jam yang pertama.

KESIMPULAN

1. Gelas preparat mikroskop, merk "RESISTANCE L & W", buatan Jerman, dapat dipakai sebagai dosimeter gelas, untuk sinar γ , dalam lebar jangkau dosis antara $10^4 - 10^6$ rad.
2. Untuk menghindari pudar-warna pada dosimeter gelas tersebut, disarankan agar pengukuran densitas optik, dilakukan segera setelah dosimeter itu diambil dari iradiator.
3. Dalam hal pengukuran densitas optik tidak dapat dilakukan dengan segera, disarankan agar dosimeter gelas itu disimpan dalam almari es, untuk menghambat terjadinya pemudaran warna pada gelas itu.

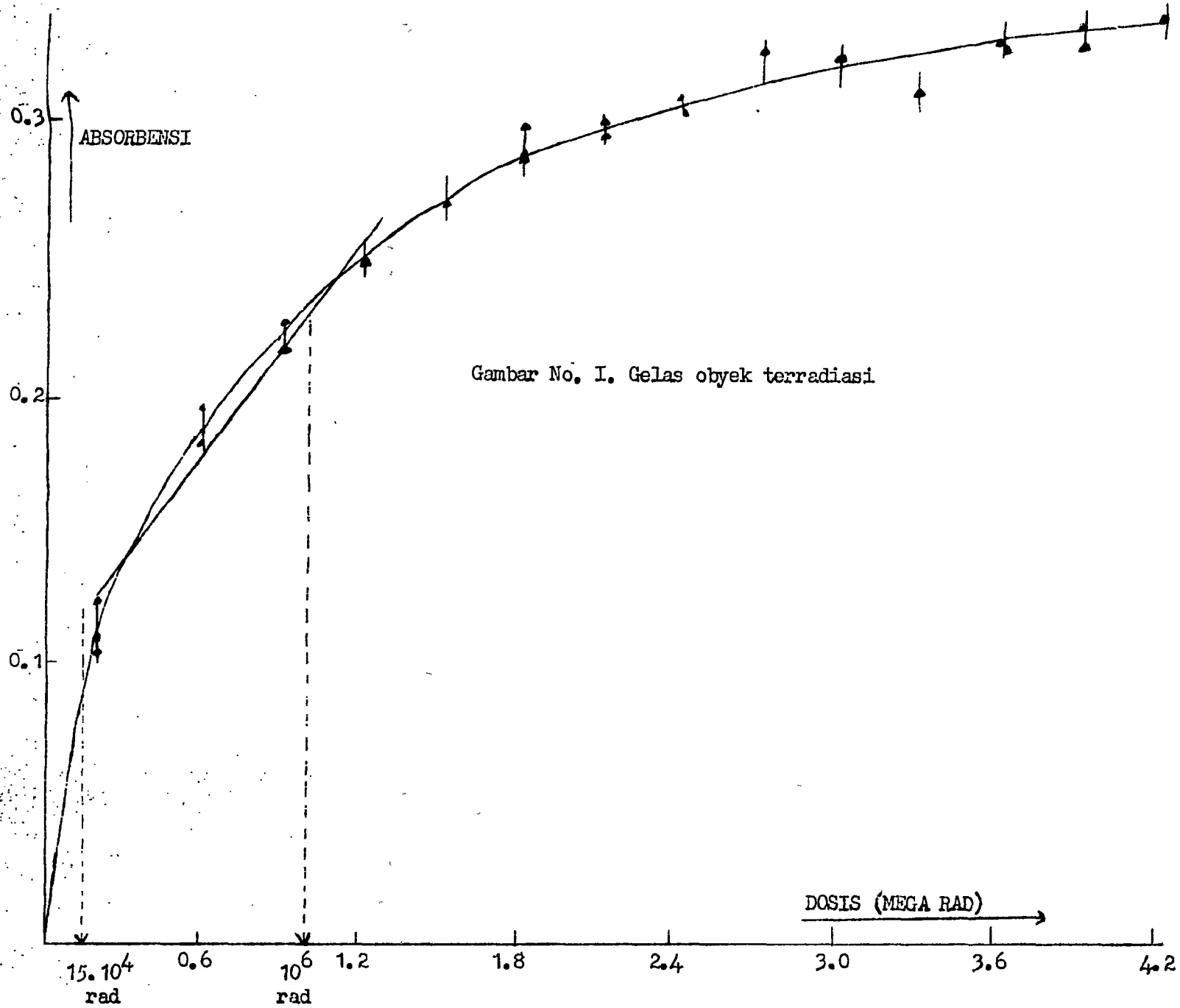
T A B E L I

KOBAL - 60

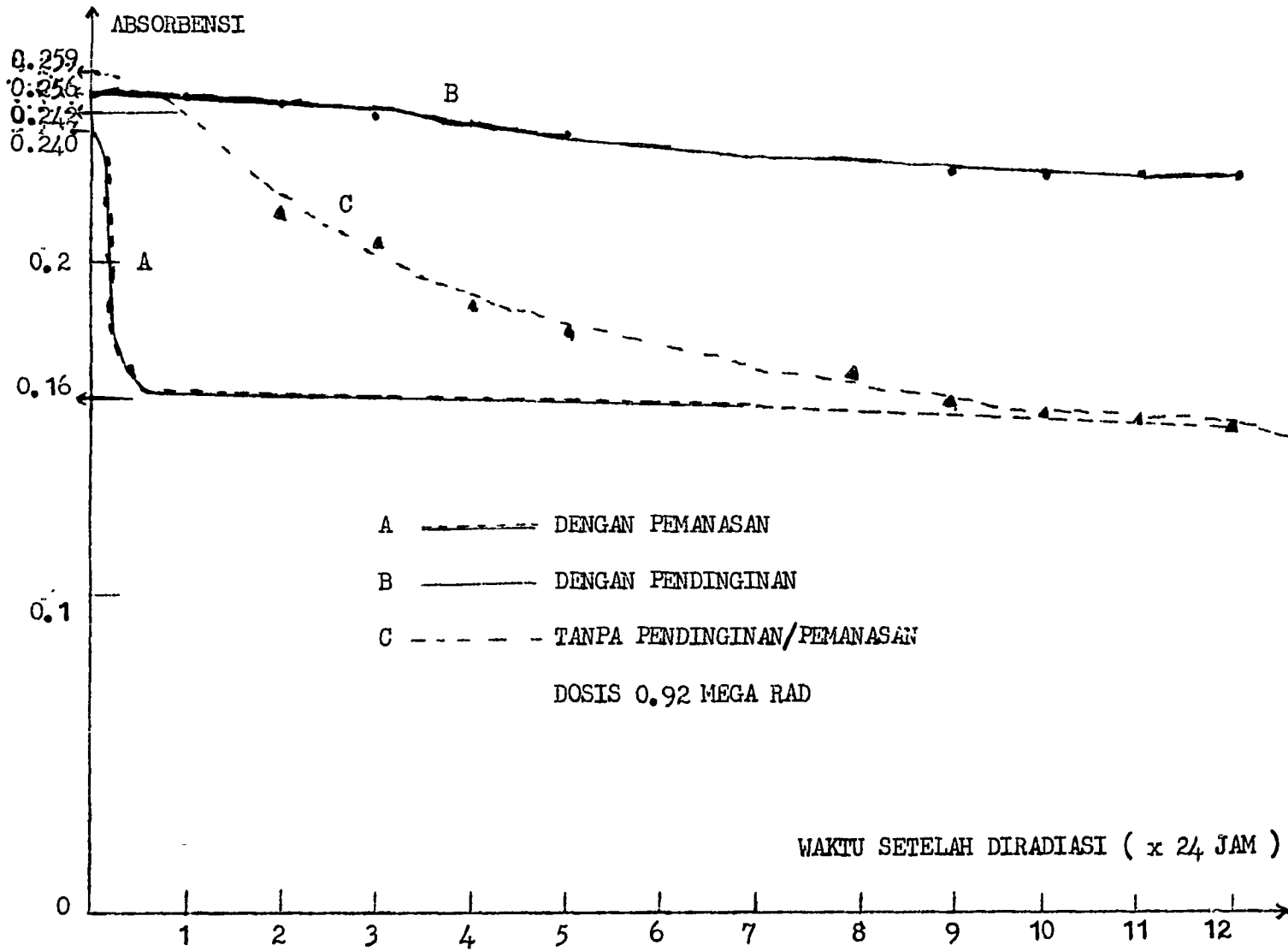
λ faktor (1 bulan) = 0,01096

$T_{\frac{1}{2}}$ = 5,27 tahun

Bulan	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-----	.9891	.9783	.9676	.9571	.9467	.9363	.9262	.9160	.9061
10	.8962	.8864	.8768	.8673	.8578	.8484	.8391	.8300	.8209	.8120
20	.8032	.7944	.7858	.7772	.7687	.7603	.7520	.7439	.7457	.7277
30	.7198	.7120	.7042	.6965	.6889	.6814	.6739	.6666	.6594	.6521
40	.6451	.6380	.6311	.6242	.6174	.6107	.6040	.5974	.5909	.5844
50	.5781	.5718	.5655	.5594	.5533	.5473	.5413	.5354	.5296	.5238
60	.5181	.5124	.5068	.5013	.4958	.4905	.4851	.4798	.4746	.4694
70	.4643	.4592	.4540	.4493	.4444	.4396	.4347	.4300	.4253	.4207
80	.4161	.4116	.4071	.4026	.3982	.3939	.3896	.3854	.3812	.3770
90	.3729	.3688	.3648	.3608	.3569	.3530	.3492	.3453	.3416	.3379
100	.3342	.3305	.3269	.3234	.3199	.3164	.3129	.3095	.3061	.3028
110	.2995	.2962	.2930	.2898	.2866	.2835	.2804	.2774	.2743	.2714
120	.2684	.2655	.2626	.2597	.2569	.2541	.2513	.2486	.2459	.2432
130	.2405	.2379	.2353	.2327	.2302	.2277	.2252	.2228	.2203	.2179
140	.2156	.2132	.2109	.2086	.2063					



Gambar No. II



DAFTAR PUSTAKA

1. Sutrisno Puspodikoro, "Dosimetri Kimia dari Padiasi Pengionan", PPGM L 45 - 72.
2. Sutrisno Puspodikoro *et.al.*, "Dosimeter Kimia Fricke", PPGM-L 169 - 78.
3. Attix, Frank H., Roesch, William C., "Radiation Dosimetry", Volume I Fundamentals Sec. Edt. Academic Press, 1968. New York - London.
4. Oshima, Yunosuke, "Radiation Dosimetry", The Regional Training Course on Industrial Radiation Processing. October - November 1970 IAEA & JAERI Takasaki.
5. Haryono Arumbinang M.Sc., "Pengukuran Kecepatan Dosis Gammacell-220 Dengan Kaca - Mikroskop dan Sistem Kimia", P₂PsD/10/1970.