

PENGUKURAN RADIASI DOSIS TINGGI DENGAN DOSIMETER PERSPEX KUNING

ID0000063

M.Thoyib Thamrin, Hasnel Sofyan

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - BATAN

ABSTRAK

PENGUKURAN RADIASI DOSIS TINGGI DENGAN DOSIMETER PERSPEX KUNING. Telah dilakukan pengukuran radiasi dosis tinggi dosimeter perspex kuning. Rentang dosis yang digunakan dari 0,1 kGy sampai 3,0 kGy. Penentuan laju dosis pada titik penyinaran dikalibrasi dengan Dosimeter Fricke sebagai dosimeter acuan/ pembanding. Dari hasil penyinaran Dosimeter Fricke dengan waktu penyinaran 3, 6, 9, 12, 15 dan 18 menit, diperoleh laju dosis rata-rata 955,57 Gy/jam dengan persamaan garis $Y = 2,333 + 15,776 X$ dan $r = 0,9999$. Hasil pengukuran radiasi dosis tinggi dosimeter perspex kuning memperlihatkan persamaan garis yang tidak linier dengan persamaan $ODc = \exp.[Bo + \ln(\text{dose}) \cdot Bi]$ harga untuk $Bo = -0,215$ dan $Bi = 0,5920$. Dari hasil percobaan disarankan agar dosimeter rutin (perspex kuning) dikalibrasi terlebih dahulu dengan dosimeter acuan/pembanding.

ABSTRACT

MEASUREMENT OF HIGH DOSE RADIATION USING YELLOW PERSPEX DOSIMETER. Measurement of high dose radiation using yellow perspex dosemeter has been carried out. Dose range used was between 0.1 to 3.0 kGy. Measurement of dose rate against fricke dosemeter as a standard dose meter. From the irradiation of fricke dosemeter with time variation of 3, 6, 9, 12, 15 and 18 minute, it was obtained average dose rate of 955.57 Gy/hour, linier equation of dose was $Y=2.333+15.776 X$ with its correlation factor $r = 0.9999$. Measurement result using yellow perspex show that correlation between net optical density and radiation dose was not linier with its equation was $ODc = \exp. [Bo + \ln(\text{dose}) \cdot Bi]$. Value of $Bo = -0.215$ and $Bi = 0.5920$. From the experiment it was suggested that routine dosimeter (yellow perspex) should be calibrated formerly against standard dosemeters.

PENDAHULUAN

Radiasi pengion terutama sinar gamma dan berkas elektron energi tinggi dapat menimbulkan berbagai reaksi kimia, berupa perubahan struktur zat padat dan dapat mematikan mikro organisme pada bahan makanan, buah-buahan, rempah-rempah dan hasil pertanian lainnya [1].

Berdasarkan kenyataan diatas saat sekarang telah banyak digunakan berbagai jenis dosimeter yang dipakai untuk memonitor jumlah dosis yang diberikan pada bahan yang diiradiasi, diantaranya Dosimeter *Yellow perspex*, *Red perspex* dan Dosimeter *Clear Perspex*. Dosimeter larutan kimia juga sering digunakan untuk pengukuran dosis tinggi terutama dosimeter fero sulfat (Fricke) dan ceri-cero sebagai dosimeter pengkalibrasi[2]. Ditinjau dari pemanfaatan radiasi pengion seperti untuk sterilisasi peralatan kedokteran, pasteurisasi sediaan farmasi digunakan dosis antara 5 sampai 25 kGy. Sedangkan dosis yang digunakan untuk pengawetan makanan dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu dosis tingkat rendah, medium dan dosis tingkat tinggi. Dosis tingkat rendah (10 - 1000 Gy)

digunakan untuk pencegahan pertumbuhan kecambah, kentang, bawang dan lain-lain, dosis tingkat medium atau menengah (0,1-10 kGy) memungkinkan mempertahankan kualitas pada makanan tertentu dengan cara mengurangi jumlah populasi mikro organisme pada bahan makanan (*radurisasi*), membunuh organisme patogen selain virus (*radisidasi*) dan pengendalian penyebaran serangga dan hama lain pada biji-bijian, sedang dosis tingkat tinggi (10-50 kGy) berguna untuk memperpanjang umur/daya simpan produk makanan hampir tanpa batas. efek ini dicapai dengan mengurangi sejumlah kehidupan mikro organisme sampai pada tingkat sangat kecil/rendah. Dalam kasus ini tidak ada masalah berapa lama atau dalam kondisi apa produk tersebut disimpan[3].

TATA KERJA

1. Bahan dan peralatan

Dosimeter perspex kuning yang digunakan berwarna kuning muda bening dengan ukuran $20 \times 12 \times 1,0 \text{ mm}^3$ (p x l x t) yang terbungkus kertas timah tipis. Dosimeter tersebut diproduksi oleh Radia Industry Co.

Japan. Dosimeter beserta peralatan lain yang digunakan tersedia di laboratorium *State Institute for Quality Control of Agricultural Product (RIKILT)* Wageningen Belanda tempat dilakukannya kerja praktek. Ketebalan dosimeter diukur menggunakan mikrometer digital dan rapat optik dosimeter diukur dengan spektrofotometer *UV-Visible* yang dilengkapi peralatan pengatur suhu. Pengukuran dilakukan pada temperatur 20-22°C dengan pengulangan untuk setiap dosis sebanyak 6 kali pengukuran.

Dosimeter fero sulfat sebagai dosimeter pengkalibrasi disiapkan berdasarkan petunjuk SCARD APM[3] yang terdiri dari 0.001 M ferrous ammonium sulfat, 0.001 M sodium chlorida dan 0.8 N asam sulfat.

2. Persiapan percobaan

Dosimeter ferrous sulfat atau yang lebih dikenal dengan Dosimeter Fricke terlebih dahulu ditentukan harga koefisien ekstingsi molarnya. Larutan dosimeter dimasukkan ke dalam ampul kapasitas 5 ml kemudian ditutup dengan cara memanaskan ujung ampul dengan nyala bunsen, dosimeter siap untuk diiradiasi. Pengukuran rapat optik (absorbansi) dosimeter Fricke dilakukan pada panjang gelombang 305 nm. Penentuan laju dosis pada titik percobaan dilakukan dengan cara meletakkan dosimeter pada jarak tertentu dan kemudian diiradiasi dengan sumber gamma pada waktu yang berbeda-beda (3, 6, 9, 12, 15 dan 18 menit), masing-masing percobaan dilakukan dengan ulangan enam kali. Setelah diperoleh laju dosis pada titik percobaan, dosimeter perspex kuning ditempelkan pada box ukuran 25 x 25 x 25 cm³ dan diiradiasi dengan cobalt-60 pada dosis yang berbeda-beda. Dosimeter perspex kuning tidak memerlukan perlakuan awal yang rumit, cukup dengan mencelupkannya ke dalam air yang telah diberi beberapa tetes alkohol lalu dikeringkan dan diukur ketebalannya sebelum diiradiasi. Harga absorbansi diukur pada panjang gelombang 530nm.

3. Penentuan dosis

Penentuan laju dosis pada titik percobaan diukur dengan dosimeter fero sulfat sebagai dosimeter pembanding/acuan dan konsentrasi ion feri ditentukan dengan mengukur absorbansi dari larutan dengan

menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 305 nm yang merupakan puncak dari spektrum absorbansi. Konsentrasi ion feri dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Fe^{3+} \text{ (mol / l)} = \frac{\Delta OD}{d \cdot \epsilon \cdot (1 + 0.007(T - 25))}$$

sedangkan untuk menghitung dosis serapan D menurut SCHESTED [2] dengan rumus sebagai berikut:

$$D \text{ (Gy)} = \frac{\Delta OD \cdot N}{d \cdot \epsilon \cdot [1 + 0.007(T - 25)] \cdot \rho \cdot G(Fe^{3+})} \times \frac{b}{k}$$

dengan,

D = Dosis terserap

ΔOD = Perubahan rapat optik dosimeter Fricke ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 305 nm.

N = Bilangan Avogadro
= 6,023 x 10²³ molekul / mol

ϵ = Koefisien ekstingsi molar
= 2,195 L/mol cm

ρ = Densitas larutan H₂SO₄ 0.8 N
= 1,025 g cm³

G(Fe³⁺) = Nilai G untuk sumber Co-60 (15,6)

b = Faktor konversi energi
= 1,602 x 10⁻¹⁴ rad gr /ev

k = Faktor konversi volume (10³cm³/ L)

T = Suhu saat dilakukan pengukuran rapat optik (15° < t < 35°)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pengukuran dosis dengan dosimeter perspex kuning terlebih dahulu dilakukan pengukuran laju dosis pada posisi lapangan ruangan irradiator dengan dosimeter fero sulfat (Dosimeter Fricke). Kalibrasi ini perlu dilaksanakan untuk menghindari kesalahan dalam pemberian dosis pada bahan yang diiradiasi [3].

Dengan menggunakan persamaan regresi linier hubungan antara dosis terserap dengan waktu iradiasi diperoleh garis yang lurus dengan persamaan garis Y = 2,333 + 15,776 X, harga koefisien regresi sebesar : r = 0,9999 (Gambar 1). Dari persamaan diatas dapat ditentukan dosis dan waktu ambang dari

sumber yang digunakan (irradiator Cobalt-60), untuk waktu ambang diperoleh selama 8,9 detik sedangkan dosis ambang sebesar 2,3 Gy.

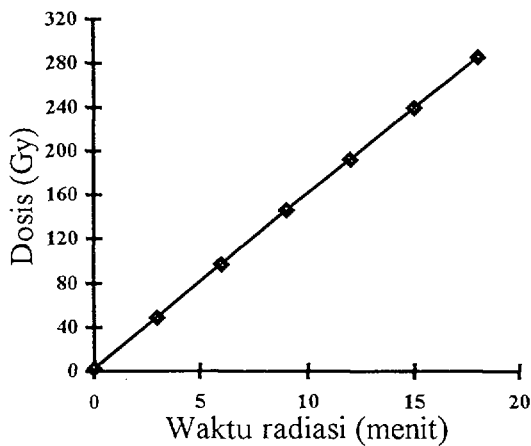
Pengukuran menggunakan dosimeter perspex kuning dilakukan setelah diperoleh laju dosis posisi penyinaran yang dikalibrasi dengan Dosimeter Fricke. Pemberian dosis dimulai dari 0,1 kGy sampai dengan 3,0 kGy kemudian dibaca harga absorban pada panjang gelombang 530 nm, dipilihnya panjang gelombang tersebut dikarenakan merupakan serapan puncak maksimum dari dosimeter perspex kuning [4].

Tabel 1 : Pengukuran laju dosis dengan menggunakan dosimeter fero sulfat

Waktu irradiasi (menit)	Perubahan rapat optik (ΔOD)*	Dosis terserap (Gy)	Laju dosis Gy/Jam
3	0,226±0,002	48,8 ± 0,2	976,0
6	0,402±0,001	96,8 ± 0,3	968,0
9	0,583±0,005	145,7 ± 0,5	971,3
12	0,750±0,003	192,0 ± 0,4	910,0
15	0,922±0,002	239,2 ± 0,2	956,8
18	1,095±0,003	285,4 ± 0,5	951,3
Laju dosis rata-rata :		955,57 ± 22	

* = Selisih absorban sebelum dan sesudah irradiasi

Pada Tabel 2, harga absorban dikoreksi dengan tebal dosimeter, hal ini disebabkan karena dosimeter rutin memiliki ketergantungan terhadap ketebalan dosimeter dan faktor lingkungan [5].



Gambar 1 : Grafik hubungan antara waktu penyinaran dengan dosis yang diberikan pada dosimeter Fricke

Meskipun pengukuran perubahan absorban (ΔOD) padapanjang gelombang 530 nm relatif stabil selama beberapa hari setelah irradiasi, bentuk spektrum serapan berubah setelah irradiasi tersebut. Perubahan ini bergantung pada temperatur selama irradiasi maupun penyimpanan. Oleh sebab itu penafsiran dosis harus dilakukan hati-hati [3]. Pada gambar dibawah ini memperlihatkan kurva hubungan antara dosis irradiasi dengan hasil pembacaan absorban yang telah dikoreksi dengan tebal dosimeter.

Tabel 2 : Hubungan antara perubahan rapat optik (ΔOD) per tebal dosimeter perspex kuning dan dosis yang diukur dengan dosimeter Fricke. (*=tebal dosimeter)

Dosis (kGy)	Tebal * (mm)	(ΔOD)	$\Delta OD/t$	Rata-rata
0,1	1,36	0,298	0,219	0,207± 0,006
	1,46	0,301	0,206	
	1,48	0,312	0,211	
	1,53	0,312	0,204	
	1,33	0,271	0,204	
	1,57	0,315	0,201	
0,4	1,33	0,626	0,471	0,465± 0,004
	1,64	0,763	0,465	
	1,50	0,695	0,463	
	1,66	0,782	0,471	
	1,49	0,687	0,461	
	1,63	0,750	0,460	
0,7	1,43	0,937	0,655	0,654± 0,016
	1,48	0,960	0,649	
	1,43	0,928	0,649	
	1,31	0,899	0,686	
	1,73	1,111	0,642	
	1,64	1,055	0,643	
1,0	1,57	1,258	0,801	0,799± 0,010
	1,29	1,045	0,810	
	1,36	1,101	0,810	
	1,49	1,175	0,789	
	1,65	1,316	0,798	
	1,54	1,211	0,786	
1,5	1,41	1,433	1,016	1,021± 0,016
	1,53	1,539	1,006	
	1,47	1,495	1,017	
	1,23	1,286	1,046	
	1,31	1,354	1,034	
	1,66	1,666	1,004	

lanjutan

Dosis (kGy)	Tebal* (mm)	(Δ OD)	Δ OD/t	Rata-rata
2,0	1,31	1,631	1,245	1,234± 0,010
	1,28	1,595	1,246	
	1,43	1,769	1,237	
	1,60	1,961	1,226	
	1,49	1,819	1,221	
	1,43	1,758	1,229	
2,5	1,47	2,070	1,408	1,411± 0,032
	1,35	1,927	1,427	
	1,26	1,831	1,453	
	1,67	2,265	1,356	
	1,48	2,087	1,410	
	1,27	1,796	1,414	
3,0	1,57	2,390	1,522	1,514± 0,025
	1,58	2,386	1,510	
	1,53	2,347	1,534	
	1,63	2,443	1,499	
	1,72	2,533	1,473	
	1,52	2,346	1,543	

Pada Gambar 2 diperoleh hasil pengukuran menurut perhitungan alat yang digunakan bentuk garis yang tidak linier, dengan persamaan $OD_c = \exp.[Bo + \ln(\text{dose}).Bi]$ harga $Bo = -0,215$ dan untuk $Bi = 0,5920$. Hasil pengukuran rata-rata perubahan rapat optik per tebal dosimeter dan hasil terhitung menurut alat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 : Perbandingan hasil pengukuran rata-rata rapat optik pertebal dosimeter

Dosis (kGy)	ODc terukur	ODc terhitung	Deviasi (%)
0,1	0,207	0,206	0,5
0,4	0,465	0,469	0,9
0,7	0,654	0,653	0,2
1,0	0,799	0,806	0,9
1,5	1,021	1,025	0,4
2,0	1,234	1,215	1,5
2,5	1,412	1,386	1,8
3,0	1,514	1,544	2,0

ODc = perubahan rapat optik per tebal dosimeter.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil percobaan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

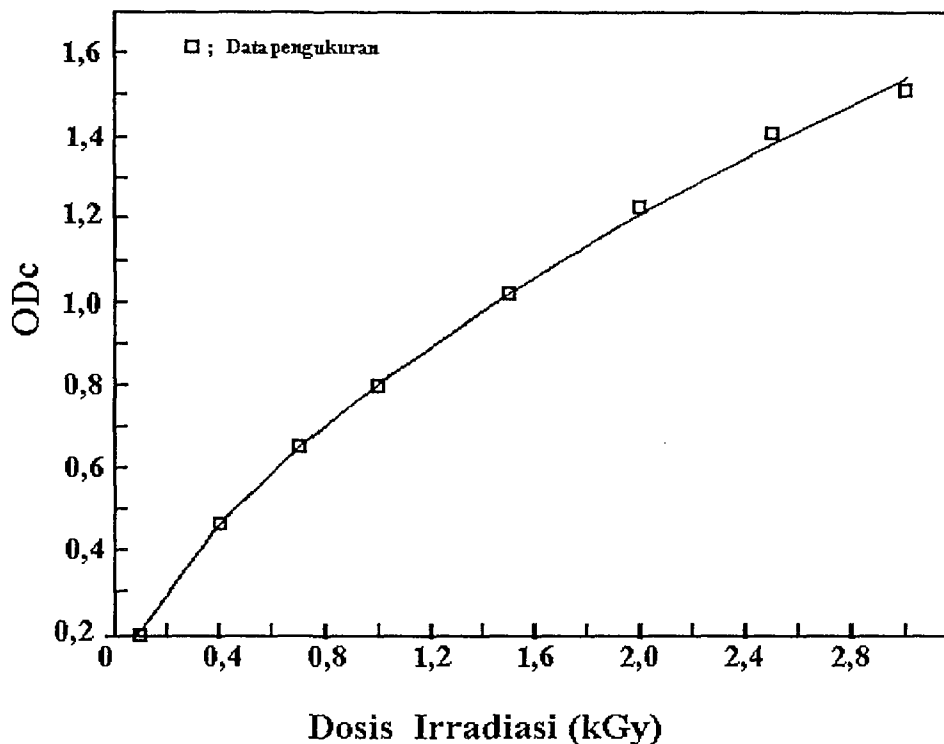
1. Penentuan laju dosis pada ruangan irradiator Co-60 menggunakan Dosimeter Fricke sebagai dosimeter acuan/pembandingan sebesar 955,57 Gy/jam dengan waktu ambang selama 8,9 detik dan dosis ambang sumber cobalt-60 sebesar 2,3 Gy.
2. Dosimeter perspex kuning cukup baik digunakan untuk pengukuran dosis tinggi terutama pada rentang dosis 0,5 kGy - 5,0 kGy meskipun demikian perlu dikalibrasi dengan dosimeter acuan/pembandingan.
3. Hasil pengukuran dosis dari 0.1 - 3.0 kGy antara Odc terukur dan Odc terhitung mempunyai simpangan deviasi rata-rata 1.25%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Mr. Th. C. Wolters selaku pembimbing di State Institute for Quality Control of Agricultural Products (RIKILT) Netherlands yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. RADALE, B. : "Evaluation of Several High Level Dosimetry System in Routine Use", Proceeding of High Dose Measurement in Industrial Radiation Processing IAEA Technology Rep. No.205 Vienna (1981).
2. SCHESTED, K.: "The Fricke dosimeters" Manual on Radiation Dosimetry" (Holm, N.W., and Berry, R. J. Eds) Marcell Dekker, New York (1970), pp. 313
3. Manual of Food Irradiation Dosimetry. Tech. Rep. Ser. No. 178 IAEA, Vienna (1977).
4. SHEIKLY, A.L, CHAPPAS, W.J. and Mc. LAUGHLIN, W.L. ; "Effects of Absorbed Doserate Irradiation Temperature and Post Irradiation Temperature on The Gamma Ray Response of Red Perspex Dosimeters", Proceeding of High Dose Dosimetry for Radiation Processing IAEA (1990), p. 419- 432.
5. GOPAL, S.N.G., and CHOUPHULE, S.V. ; "Routine Radiation Dosimetry of Medical Products", ISOMED, Bhabha Atomic Research Centre, Bombay (1973).



Gambar 2 : Hubungan perubahan rapat optik per tebal dosimeter dengan dosis irradiasi

DISKUSI

Junaidi - PT Fajar Mas Murni :

Dalam hal pengawetan makanan dan buah-bauhan yang menggunakan zat radioaktif, apakah tidak merusak makanan itu sendiri dan apa efeknya terhadap orang yang memakannya

M.Thoyib T. :

Dari pengalaman terutama di negara-negara maju seperti Jerman, Belanda dan Amerika Serikat hingga saat ini penggunaan radiasi untuk makanan tidak bermasalah dan tidak merusak komponen yang ada dalam makanan. Efeknya hingga sekarang belum dapat ditentukan dengan pasti, karena akibat iradiasi, berdasarkan beberapa literatur, akan terbentuk radikal-radikal bebas.

Sri Widayati - PTPLR :

1. Jenis radiasi apa saja yang dapat dideteksi oleh dosimeter perspex kuning ?.

2. Dosimeter perspex kuning biasanya dipakai pada kondisi kerja yang bagaimana (normal atau abnormal) ?.

M.Thoyib T. :

1. Jenis radiasi gamma, dalam hal ini sumber gamma dari iradiator Co-60.
2. Pada kondisi normal dan digunakan untuk pemantauan dosis rutin.

Yus Rusdian A - PRSG :

Sifat kebergantungan terhadap energi foton dari dosimeter ini apakah diketahui ?.

M.Thoyib T. :

Berdasarkan literatur Technical Report Series No.178 bahwa tanggapan nisbi dosimeter perspex kuning terhadap energi foton mulai rentang energi 100 keV sampai 10 MeV.

Mulyadi Rahmad - PSPKR :

Pada persamaan $y=2,333+15,776x$ dan pada grafik terlihat melalui titik (0,0). Apakah demikian ?. Karena dosis ambang = 2,3, bagaimana arah konstanta 2,333 ?.

M.Thoyib T. :

Grafik tidak melalui titik nol tetapi pada 2,33 Gy, karena skala garis kecil sehingga seolah-olah melalui titik nol. Konstanta 2,33 adalah dosis ambang yaitu dosis pada saat sumber Co-60 menempati posisi penyinaran dari tempat penyimpanan.

Sri Wahyuni - PPkTN :

1. Pada kesimpulan dikatakan bahwa dosimeter perspex kuning cukup baik untuk pengukuran dosis sampai 3 kGy. Pada abstrak ditulis "dari hasil percobaan disarankan dosimeter perspex dikalibrasi terlebih dahulu. Mana yang benar ?.
2. Pengertian dosis tinggi sampai berapa batasnya ?.
3. Batas pengukuran pada dosimeter Fricke apakah sama atau bersesuaian dengan dosimeter perspex kuning, sehingga dipakai sebagai acuan/pembanding ?.

M. Thoyib T. :

1. Kedua-duanya benar.
2. Dosis tinggi adalah dosis untuk industri misalnya dosis 5 kGy untuk meradiasi makanan dalam kaleng dan dosis 100 kGy untuk polimerisasi.
3. Dosimeter Fero sulfat (4-40 kGy) merupakan dosimeter acuan yang mendapat rekomendasi dari IAEA sebagai dosimeter absolut. Sedang dosimeter YP merupakan dosimeter rutin (0,1-5 kGy).