

# MONITORING DOSIS RADIASI PERORANGAN MENGUNAKAN LENCANA DOSIMETER GELAS

**Hasnel Sofyan**

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

- Jalan Lebak Bulus Raya 49, Jakarta – 12440
- PO Box 7043 JKSKL, Jakarta – 12070
- hasnel\_s@batan.go.id

## PENDAHULUAN

Dosimeter gelas pertama kali ditampilkan sebagai alat ukur radiasi untuk dosis rendah pada tahun 1951 oleh JH. Schulman dkk. Pada saat itu dosimeter gelas tidak umum untuk digunakan sebagai alat memonitor dosis rendah. Pada tahun 1960-an, R. Yokota dkk melakukan penelitian dan pengembangan untuk mendapatkan elemen gelas dosimeter yang memiliki ketergantungan terhadap berbagai variasi energinya rendah, tingkat sensitivitasnya tinggi dan stabilitas secara fisika-kimia (*physicochemical*) yang baik. Namun, karena adanya kesulitan penanganan dosimeter gelas dalam pengukuran dosis radiasi, hal tersebut menyebabkan dosimeter ini hanya dapat diaplikasikan dalam lingkup yang terbatas. Pada tahun 1980-an, dosimeter gelas kembali menarik perhatian para peneliti setelah terjadinya perkembangan dalam sistem dosimetri yang menggunakan pulsa sinar UV (*ultraviolet*) dari laser gas nitrogen. Dan pada tahun 2001, dosimeter gelas yang diaplikasikan sebagai *Glass Badge Dosimeter* (Lencana Dosimeter Gelas) diperkenalkan di Jepang sebagai alat monitor utama untuk layanan monitoring dosis radiasi personal. Lencana dosimeter gelas menggunakan perak ( $\text{Ag}^+$ ) diaktivasi dengan gelas fospat ( $\text{PO}_4$ ) dan *solid state nuclear track detector* (SSNTD). Dalam hal ini, SSNTD merupakan bahan ADC (*allyl diglycol carbonate*) yang digunakan sebagai detektor untuk neutron.

Penelitian dan pengembangan dosimeter gelas masih terus dilakukan untuk mendapatkan dosimeter gelas yang sensitif terhadap neutron. D. Maki dkk (2011) telah melakukan pengembangan

dosimeter gelas untuk dosimetri neutron yang diperkaya dengan unsur  $^{10}\text{B}$  dan  $^{11}\text{B}$ . Dalam uji coba menggunakan sumber radiasi neutron  $^{241}\text{Am-Be}$  dan moderator grafit neutron, menunjukkan bahwa pasangan dosimeter gelas yang diperkaya dengan  $^{10}\text{B}$  dan  $^{11}\text{B}$  cukup efektif digunakan untuk evaluasi neutron thermal.

## RADIO-PHOTOLUMINESCENCE

Bahan perak diaktivasi gelas fospat yang terpapar radiasi pengion akan memancarkan cahaya tampak berwarna oranye ketika dieksitasi dengan menggunakan sinar UV. Fenomena ini dikenal juga sebagai *radio-photoluminescence* (RPL). Pada saat bahan terpapar radiasi pengion (sinar gamma), akan dihasilkan pasangan-pasangan elektron dan *hole* ( $\text{h}^+$ ). Secara simultan, elektron yang ditangkap oleh ion  $\text{Ag}^+$  dalam struktur gelas akan merubahnya menjadi  $\text{Ag}^0$ . Di sisi lain,  $\text{h}^+$  yang ditangkap dengan migrasi awal  $\text{PO}_4$  tetrahedron akan menghasilkan ion  $\text{Ag}^{2+}$  sehubungan dengan interaksi dengan ion  $\text{Ag}^+$ . Pada temperatur kamar, ion  $\text{Ag}^0$  dan  $\text{Ag}^{2+}$  merupakan pusat luminisensi dalam gelas fospat. Pusat luminisensi RPL ini akan memperlihatkan terjadinya peningkatan secara proporsional dengan bertambahnya jumlah dosis radiasi yang diterima bahan.

Lencana Dosimeter Gelas seperti ditunjukkan pada Gambar 2 adalah *radio-photoluminescence glass dosimeter* (RPLGD). Dosimeter ini merupakan salah alat ukur radiasi yang telah dikembangkan selama lebih dari 50 tahun agar dapat diaplikasikan sebagai monitoring radiasi yang baik. Dengan disain

industri, fasilitas tenaga nuklir dll, kecuali bidang khusus seperti fasilitas akselerator besar. Untuk pengukuran radiasi-β, bahan dan ketebalan filter yang digunakan juga dirancang sedemikian rupa agar dapat mengukur sampai batas bawah energi beta terdeteksi (300 keV). Karena pada umumnya sebagian besar tubuh tertutup (oleh pakaian dan sarung tangan), maka untuk energi sinar-β di bawah 300 keV dapat diabaikan dengan pertimbangan sebagai lapisan kulit mati dan emiter-β ke kulit di wajah.

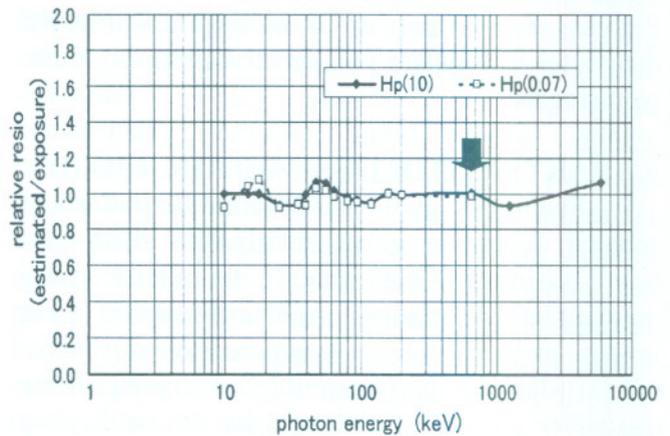
Plastik ADC tidak sensitif terhadap paparan radiasi foton dan beta, sedangkan filter Cd (cadmium) yang digunakan untuk filter neutron tidak memberikan dampak atau pengaruh terhadap hasil yang diberikan oleh dosimeter gelas. Sehingga, dosimeter yang digunakan pada medan radiasi campuran masing-masing elemen dosimeter tidak saling terpengaruh. Plastik ADC-SSNTD akan memberikan hasil pengukuran untuk neutron yang sangat presisi dan dosimeter gelas untuk radiasi foton dan beta.

Karakteristik dosimetri dari suatu dosimeter yang digunakan dalam monitoring dosis personal, sangat perlu menjadi perhatian. Hal ini berkaitan dengan keakuratan hasil pengukuran dosis yang diterima oleh pekerja radiasi. Pemilihan jenis dosimeter, juga menjadi penting karena harus disesuaikan dengan lingkungan tempat bekerja, jenis dan laju paparan radiasi yang dimanfaatkan. Beberapa karakteristik dosimetri tersebut, diantaranya adalah ketergantungan energi, linieritas dosis, ketergantungan sudut, dan batas dosis yang dapat dideteksi.

**Ketergantungan Energi**

Ketergantungan dosimeter gelas terhadap energi foton yang merupakan hasil dari Hp (10) dan Hp (0,07) ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar ini dapat dilihat rasio relatif antara perkiraan dosis dengan dosis radiasi foton yang diberikan pada dosimeter gelas. Dengan titik referensi <sup>137</sup>Cs (tanda panah) yang digunakan dalam menentukan nilai rasio, diperoleh deviasi tidak lebih dari ±10%. Hal ini berarti bahwa perkiraan dosis ekuivalen pada interval energi

foton 10keV sampai 10MeV sangat presisi meskipun ada insiden pada energi foton tertentu. Sehingga untuk formula dosis tidak diperlukan informasi yang detail dari insiden pada energi tertentu.



Gambar 4. Kebergantungan dosimeter terhadap energi foton.

Algoritma dasar dalam perkiraan dosis untuk foton adalah,

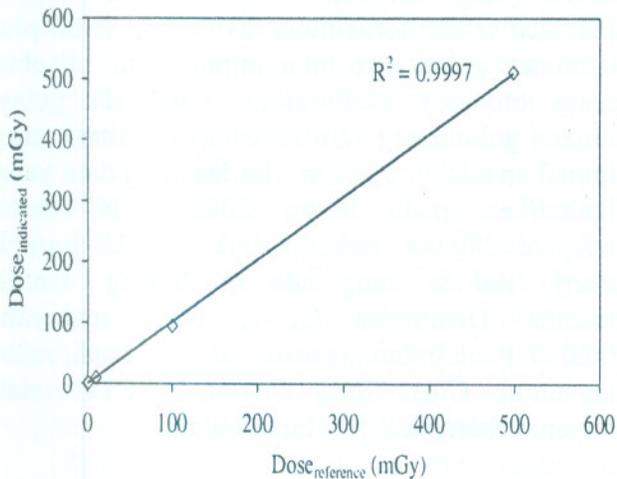
$$Hp(d)i = \Sigma (NADj \times Cij)$$

Dengan Hp(d)i adalah dosis ekuivalen perorangan untuk kedalaman 10 mm dan 0,07 mm, NADj adalah nilai riil dosis untuk setiap posisi filter j dan Cij adalah konstanta. NAD adalah nilai yang telah dikurangi dengan bacaan nilai latar dari alat terkalibrasi. Nilai untuk setiap Cij ditentukan dari hasil eksperimen.

**Linieritas Dosis**

Salah satu kriteria dosimeter yang baik dan penting untuk dapat digunakan dalam monitoring dosis perorangan adalah dosimeter yang memiliki tanggapan linier pada dosis rendah. Linieritas dosimeter dapat diketahui dari tanggapan dosimeter yang disinari foton dengan variasi dosis rendah. Dosimeter gelas yang disinari di udara dengan dosis antara 0,01 mGy sampai 50 mGy menggunakan <sup>137</sup>Cs diperoleh tanggapan relatifnya sebesar ±5% untuk jangkauan dosis 0,1 mGy atau lebih ketika tanggapan 1 mGy yang

standar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Z. Knezevic dkk (2011) di Ruder Boskovic Institute, Bijenicka, Croatia dengan menggunakan RPLGD dari Chiyoda Technol Corporation, diperoleh linieritas dosis dengan  $R^2$  adalah 0,9997 untuk interval dosis 0,1 – 500 mGy. Sedangkan keseragaman tanggapan antar dosimeter dan reproduibilitasnya, masing-masing adalah antara 1,0% – 1,7% dan 0,4%. Tanggapan dosis ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara tanggapan dosis dosimeter gelas terhadap dosis iradiasi <sup>137</sup>Cs.

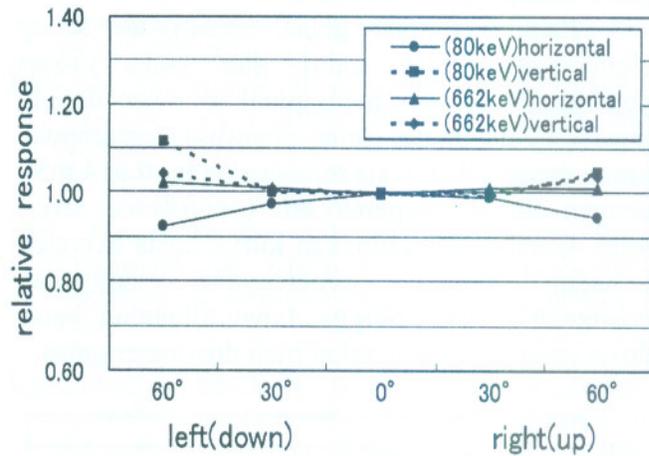
**Ketertgantungan Sudut**

Ketertgantungan dosimeter terhadap sudut datang radiasi dan komposisi filter yang digunakan merupakan faktor yang cukup penting untuk mendapatkan hasil pengukuran yang tepat. Filter yang terdapat pada dosimeter gelas dirancang berbentuk cincin yang mengelilingi elemen gelas, sehingga didapatkan dosimeter yang memiliki ketertgantungan sudut yang baik.

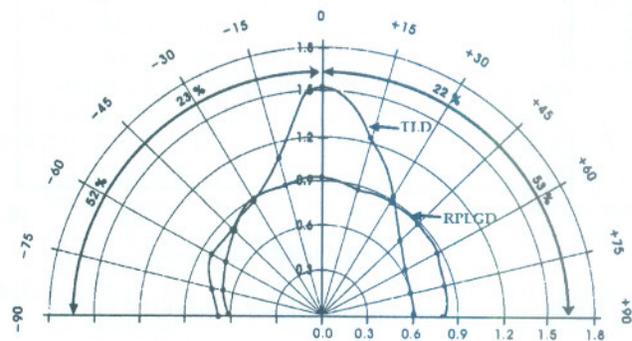
Tanggapan relatif dosimeter gelas terhadap paparan radiasi sinar- $\gamma$  yang berasal dari <sup>137</sup>Cs dan <sup>60</sup>Co secara horizontal dan vertikal dengan variasi sudut ditunjukkan pada Gambar 6. Ketika dosimeter diiradiasi bebas di udara dengan variasi sudut secara vertikal dan horizontal diperoleh perbedaan tanggapan tidak lebih dari  $\pm 15\%$ .

Dari penelitian yang dilakukan KR. Dong dkk (2011) di *Gwangju Health College University*, Korea tentang ketertgantungan sudut

pada dosimeter personal yang menggunakan TLD dan RPLGD, diperoleh hasil seperti ditunjukkan Gambar 7. Dalam hal ini, TLD yang digunakan dalam komparasi memiliki sensitivitas yang baik untuk radiasi dan interval dosis yang lebar dapat diukur. Pada saat ini, lebih dari 90% pekerja radiasi menggunakan TLD ini untuk mengukur paparan dosis perorangan.



Gambar 6. Kebergantungan dosimeter terhadap sudut datangnya radiasi.



Gambar 7. Komparison ketertgantungan sudut datang radiasi antara TLD dan RPLGD.

Dari penelitian komparasi untuk mengetahui ketertgantungan sudut TLD dan RPLGD dengan variasi sudut datang dari 0° – 90°, diperoleh hasil terjadinya penurunan nilai informasi sebesar 52% untuk TLD dan 23% untuk PLD. Hasil ini menunjukkan bahwa respon RPLGD terhadap perbedaan sudut lebih baik dari respon yang diberikan oleh TLD.

- PIESCH, E., BURGKHARDT, B., Photoluminescence dosimetry: the Alternative in Personnel Monitoring, *Radioprotection* **29**, pp. 39 – 67, 1994.
- SCHNECKENBURGER, H., REGULLA, DF. and UNSOLD, E., Time-Resolved Investigations of Radio-Photoluminescence in Metaphosphate Glass Dosimeters, *Appt. Phys. A* **26**, pp. 23-26, 1981
- SIJUN FAN, SJ., YU, CL, DONGBING HE., LI, KF., LILI HU, L., Gamma Rays Induced Defect Centers in Phosphate Glass for Radio-Photoluminescence Dosimeter, *Radiat. Meas.* **46**, pp. 46-50, 2011.
- YAMAMOTO, T., MAKI, D., SATO, F., MIYAMOTO, Y., NANTO, H., IIDA, T., The Recent Investigations of Radiophotoluminescence and Its Application, *Radiat Meas* (2011), doi:10.1016/j.radmeas.2011.04.038
- YAMAZAKI, K., TONOUCI, S., HASHIMOTO, T., Cumulative Dose Measurements Using Radio-Photoluminescence Glass Dosimeter in Cold Areas, *Journ. Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 255 (3), pp. 565–569, 2003.
- YOKOTA, R., MUTO, Y., Silver-Activated Phosphate Dosimeter Glasses with Low Energy Dependence and Higher Sensitivity. *Health Phys.* **20**, pp. 662-663, 1971.
- ZHAO, C., KUROBORI, T., MIYAMOTO, Y. and YAMAMOTO, T., Properties of a Novel Radio-Photoluminescent Readout System Using a CW Modulated UV Laser Diode and Phase-Sensitive Technique, *Radiat Meas* (2011), doi:10.1016/j.radmeas.2011.03.037.