RESPONS DOSIMETER OSL LINGKUNGAN TERHADAP RADIASI GAMMA ¹³⁷Cs DOSIS RENDAH

Environmental OSL Dosimeter Response to Low-dose of ¹³⁷Cs Gamma Radiation

B.Y. E. B. Jumpeno*, E.A. Ardyanti, dan A. Afham

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN, Jl.Lebak Bulus Raya No.49 Jakarta, Indonesia
e-mail: jumpeno@batan.go.id

Abstrak

Dosimeter *optically stimulated luminescence* (OSL) dimanfaatkan sebagai alat ukur radiasi alam dan daerah kerja. Dosimeter OSL memiliki karakteristik sensitif terhadap dosis rendah, cara pembacaan dosis yang sederhana dan dapat dilakukan berulang. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respons dosimeter OSL lingkungan terhadap dosis rendah. Metode dilakukan dengan menyiapkan 4 kelompok dosimeter OSL masing-masing sebanyak 4 buah dan diiradiasi dengan radiasi gamma ¹³⁷Cs sebesar 0,1 mSv, 0,5 mSv, 1 mSv dan tanpa diiradiasi (kontrol) sebanyak 2 kali penyinaran dengan konfigurasi dosimeter yang berbeda. Respons dosis ambient atau $H^*(10)$ menunjukkan kurva linier dengan persamaan Y (dosis bacaan) = $0,802 \cdot X$ (dosis penyinaran) - 0,121 dan $Y = 0,851 \cdot X - 0,119$ serta faktor korelasi 0,97-0,98. Dosis penyinaran pada dosimeter OSL dapat direspons oleh OSLD *microStar reader* apabila melebihi 0,151 mSv (konfigurasi 1) dan 0,140 mSv (konfigurasi 2).

Kata kunci: $H^*(10)$, dosis rendah, dosimeter OSL, linieritas

Abstract

Optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter is used as a measurement tool for natural radiation and occupational area. OSL dosimeter has characteristics which are sensitive to low dose, simple and repeatable dose reading. This research is carried out to determine the response of the environmental OSL dosimeter to low dose. The method is conducted by preparing four groups of OSL dosimeters. Each with four pieces was irradiated with gamma ¹³⁷Cs of 0.1 mSv, 0.5 mSv, 1 mSv and without irradiated (control) as much two times of irradiation with different dosimeter configurations. Ambient dose responses or $H^(10)$ show a linear curve with the equation of Y (reading dose) = $0.802 \cdot X$ (exposure dose) - 0.121 and $Y = 0.851 \cdot X - 0.119$ and also correlation factor was 0.97-0.98. The exposure dose to OSL dosimeter can be read by OSLD *microStar reader* if it exceeds 0.151 mSv (configuration 1) and 0.140 mSv (configuration 2).*

Keywords: $H^*(10)$, low dose, OSL dosimeter, linearity

1. PENDAHULUAN

Menurut *Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC)*, paparan dosis rata-rata alamiah di dunia besarnya sekitar 2,4 mSv/tahun dan bervariasi sampai beberapa ratus persen bergantung pada lokasi geografinya (*CNSC, 2013*). Beberapa lokasi di dunia memancarkan paparan radiasi alamiah yang relatif tinggi, misalnya di Mamuju-Indonesia laju dosis alamiahnya mencapai 1,15 μ Sv/jam di area berpenduduk (*PTKMR, 2018*). Pemanfaatan zat radioaktif atau sumber radiasi dalam bidang medis dan industri meningkatkan paparan radiasi terhadap dosis radiasi latar. Paparan radiasi baik alamiah maupun buatan perlu dipantau agar dapat dicegah dampaknya bagi manusia. Dosimeter OSL (OSLD) atau *optically*

stimulated luminescence dosimeter menjadi pilihan untuk mengukur dosis radiasi alamiah dan dosis radiasi daerah kerja. Dosimeter OSL yang dibuat dari material $Al_2O_3:C$ dimanfaatkan sebagai detektor radiasi karena sensitif terhadap radiasi dosis rendah, pembacaannya sederhana (tidak memerlukan gas nitrogen) dan dapat dilakukan berulang (*Kobayashi, Okazaki, Yajima and Yasuda, 2012*). Pemanfaatan TLD (*thermo luminescence dosimeter*) sebagai monitor lingkungan sudah dilakukan (*Abdelaziz & Mebhah, 1991*) dan (*Benkrid, Mebhah, Djefal and Allalou, 1992*), sedangkan pengembangan $Al_2O_3:C$ untuk pemantauan lingkungan pernah dilakukan di Aljazair (*Imatoukene, Abdelaziz, Mezaguer and Lounis –Mokrani, 2008*). Berdasarkan tujuan pengukuran dosis, dosimeter OSL dibedakan menjadi tiga jenis yaitu dosimeter OSL untuk dosimetri personil,

dosimeter OSL untuk dosimetri lingkungan dan dosimeter OSL untuk dosimetri medik. Dosimeter OSL gamma/sinar-X lingkungan komersial yang tersedia mampu mendeteksi foton pada rentang dosis 1 mRem s.d. 1000 mRem (Landauer Inc, 2009).

OSLD *microStar reader* merupakan alat baca dosimeter OSL yang bersifat manual dan portabel. Alat baca dosimeter OSL ini didesain untuk membaca dosimeter OSL personil, lingkungan dan medis. Alat baca dosimeter OSL tersebut dilengkapi dengan perangkat monitor (komputer) dan *scanner* serta dioperasikan menggunakan perangkat lunak yang disebut *inlight microStar system*. Untuk menjamin OSLD *microStar reader* memenuhi persyaratan dalam ISO/IEC 17025:2017 khususnya klausul 6.4, peralatan ini diverifikasi ketika dioperasikan untuk membaca dosis. Dalam hal pembacaan dosis ambient atau $H^*(10)$, OSLD *microStar Reader* di Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi telah diverifikasi menggunakan sumber ^{137}Cs pada dosimeter OSL lingkungan pada tahun 2017 dengan penyinaran 1 mSv, 5 mSv dan 10 mSv. Dalam evaluasi dosis yang pernah dilakukan, diperoleh penyimpangan *measured dose* (dosis bacaan) terhadap *true dose* (dosis penyinaran) kurang dari atau sama dengan 13% (Jumpeno dan Ekaranti, 2017). Untuk memenuhi kebutuhan evaluasi dosis lingkungan atau daerah kerja radiasi diperlukan kemampuan respons dosimeter OSL lingkungan terhadap radiasi dosis rendah. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang respons dosimeter OSL terhadap dosis ambient atau $H^*(10)$ di bawah 1 mSv (rendah) untuk memastikan bahwa dosimeter OSL lingkungan mampu merespons dosis rendah yang berasal dari radiasi latar (alamiah) dan radiasi di daerah kerja (buatan). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons dosis ambient pada dosimeter OSL terhadap penyinaran dosis rendah radiasi gamma ^{137}Cs menggunakan dosimeter OSL lingkungan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dosimeter OSL adalah alat deteksi dosis radiasi dengan memanfaatkan cahaya untuk menstimulasi informasi dosis yang tersimpan dalam material dosimeter. Dosimeter OSL yang dibuat dari material $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ mampu mendeteksi foton dan beta. Untuk mendeteksi neutron, material $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ dilapis dengan $^6\text{Li}_2\text{CO}_3$ (Landauer Inc, 2009). Dosimeter OSL yang dipakai untuk memonitor gamma/beta dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu

dosimeter personil, dosimeter lingkungan dan medik. Dosimeter OSL lingkungan memiliki 4 elemen $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ sebagaimana ditunjukkan Gambar 1. Informasi dosis dibaca menggunakan OSLD *microStar reader* yang didesain untuk dioperasikan secara manual. Alat ini memiliki dimensi 32,7 cm x 23 cm x 11 cm dengan berat total 15 kg. OSLD *microStar reader* dapat digunakan untuk membaca dosis di lapangan dan diintegrasikan dengan monitor dalam bentuk komputer jinjing (laptop) dan *scanner* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2. Untuk mengoperasikan OSLD *microStar reader* dipasang sistem kendali (perangkat lunak) *inlight microStar system* dalam komputer jinjing. Kendali kualitas sudah dilakukan dalam bentuk uji stabilitas, kalibrasi dan uji linieritas untuk menjamin bahwa hasil bacaan dosis dapat dipercaya sesuai standar ISO/IEC 17025:2017.

Gambar 1. Dosimeter OSL lingkungan ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$)

Gambar 2. Perangkat baca OSLD *microStar reader*

Paparan radiasi pada dosimeter OSL menyebabkan elektron bebas pada material $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ berpindah dari pita valensi ke pita konduksi dan terperangkap dalam lubang

perangkap (*hole trap*). Pada proses pembacaan, pancaran sinar LED (*light emitting diode*) pada *OSLD microStar reader* akan menstimulasi elektron yang terperangkap dalam detektor sehingga menyebabkan dilepaskan cahaya yang akan dideteksi dan dibiakkan oleh PMT (*photo multiplier tube*). Besarnya cahaya yang ditangkap oleh PMT sebanding dengan informasi dosis yang diserap oleh dosimeter OSL. Pembacaan dosis pada dosimeter OSL dapat diulang dengan pengurangan $< 0,4\%$ per pembacaan (Ford, Hanify and Perks, 2004).

3. METODE PENELITIAN

Disiapkan dosimeter dosimeter OSL lingkungan sebanyak 16 buah. Semua dosimeter di-annealing dan dipastikan hasil bacaan dosis 0 setelah di-annealing. Semua dosimeter dibungkus aluminium foil untuk mencegah elemen $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ terpapar cahaya. Dosimeter yang tersedia dibagi menjadi empat yaitu Kelompok 1, Kelompok 2, Kelompok 3 dan kontrol. Masing-masing kelompok terdiri dari empat dosimeter OSL dan masing-masing dosimeter OSL diberi label a, b, c, dan d. Dosimeter OSL pada Kelompok 1, 2, dan 3 disinari dengan radiasi gamma ^{137}Cs untuk masing-masing kelompok sebesar 0,1 mSv, 0,5 mSv, dan 1 mSv dosis ambient. Penyinaran dilakukan dua kali dengan konfigurasi yang berbeda di Fasilitas Kalibrasi Gamma OB 85, PTKMR BATAN. Tampilan konfigurasi 1 dan 2 ditunjukkan pada Gambar 3(a) dan 3(b). Jarak penyinaran dari sumber ^{137}Cs dengan dosimeter OSL adalah 200 cm tanpa pemasangan absorber radiasi. Setelah penyinaran, dosimeter dibiarkan semalam, kemudian dibaca menggunakan *OSLD microStar reader* buatan Landauer Inc. Hasil pembacaan dosis untuk Kelompok 1, 2, dan 3 dikoreksi dengan hasil bacaan kontrol.

Gambar 3. Konfigurasi peletakan dosimeter OSL pada penyinaran radiasi yaitu (a) Konfigurasi 1 dan (b) Konfigurasi 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyinaran radiasi gamma ^{137}Cs dilakukan pada Fasilitas Kalibrasi OB 85. Fasilitas kalibrasi ini memiliki sumber ^{137}Cs (740 Gbq/Maret 1985). Penyinaran pertama dilakukan pada laju dosis ambient sebesar 7,824 mSv/jam, sedangkan penyinaran kedua dilakukan pada laju dosis 7,797 mSv/jam. Waktu penyinaran diatur menggunakan penala waktu (timer) yang terintegrasi dengan sistem kendali dan interlock. Respons dosis bacaan dosimeter OSL lingkungan pada penyinaran 0,1 mSv, 0,5 mSv, dan 1 mSv ditampilkan pada Gambar 4 dan 5.

Gambar 4. Respons dosis bacaan terhadap variasi dosis penyinaran pada konfigurasi 1

Gambar 5. Respons dosis bacaan terhadap variasi dosis penyinaran pada konfigurasi 2

Nilai rata-rata respons dosis bacaan dan rasio dosis bacaan terhadap dosis penyinaran ditampilkan pada Tabel 1. Menurut Pinto et.al, kurva respon dosis pada penyinaran menggunakan sumber beta $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ menunjukkan bentuk linier pada dosis rendah (Pinto, Cecattia, Gronchia and Caldas, 2008). Kurva dosis pada penyinaran menggunakan sumber ^{137}Cs juga menunjukkan bentuk linier (Jumpeno, Ekaranti dan Nugroho, 2017). Kurva linieritas dosis

bacaan terhadap dosis penyinaran ditampilkan pada Gambar 6.

Tabel 1. Rata-rata dosis bacaan dan rasio terhadap dosis penyinaran

Kelom pok ¹⁾	Dosis Penyinaran (mSv)	Rata-rata Dosis Bacaan (mSv)		Rasio Dosis Bacaan Thd. Dosis Penyinaran	
		Konf. 1	Konf. 2	Konf. 1	Konf. 2
1	0,1	0	0	-	-
2	0,5	0,21	0,25	0,41	0,50
3	1	0,71	0,76	0,71	0,76

*)Dosis bacaan kontrol nilainya 0

Gambar 6. Kurva dosis bacaan terhadap dosis penyinaran

Kurva dosis bacaan terhadap dosis penyinaran menunjukkan bentuk linier dengan persamaan $Y=0,802 - 0,121$ dan $Y=0,851 - 0,119$ dan nilai korelasi 0,97-0,98. Kurva antara dosis bacaan terhadap dosis penyinaran memiliki korelasi yang kuat karena nilai korelasi (r^2) > 0,8. Berdasarkan persamaan linieritas kedua kurva di atas, dosis ambient pada dosimeter OSL dapat terbaca oleh OSLD microStar reader apabila dosis penyinaran yang diterima dosimeter OSL melebihi 0,151 mSv (konfigurasi 1) dan 0,140 mSv (konfigurasi 2). Sensitivitas dosimeter OSL pada penyinaran dosis rendah sangat dipengaruhi oleh laju dosis radiasi. Namun menurut spesifikasi teknis yang diterbitkan oleh Landauer Inc (2009), dosimeter OSL lingkungan mampu mendeteksi foton sampai dengan 0,01 mSv.

Pada dosis penyinaran 0,1 mSv, dosimeter OSL ternyata tidak merespons (nilai bacaan dosisnya 0). Untuk menurunkan ketidakpastian hasil evaluasi, maka pemantauan/penyinaran dosis rendah dilakukan dalam rentang waktu yang relatif lama. Dalam praktek, pemantauan dosis radiasi lingkungan atau daerah kerja menggunakan dosimeter OSL lingkungan dilaksanakan dalam jangka waktu relatif lama

yaitu sekitar 3 bulan atau lebih. Prosedur ini diimplementasikan dalam pemantauan dosis radiasi lingkungan dalam penelitian dosis radiasi tinggi alam di Mamuju, Sulawesi Barat sejak tahun 2017 (PTKMR, 2017), pemantauan dosis daerah kerja di Laboratorium Kalibrasi LDSS, Kantor Pusat BATAN tahun 2018 (PTKMR, 2018), serta pemantauan dosis latar belakang di Nagase Landauer Tsukuba Building dan sekitar area Pusat Listrik Tenaga Nuklir Fukushima Daiichi (Kobayashi et al., 2012).

Tabel 1 menampilkan data yang menunjukkan bahwa rasio dosis bacaan terhadap dosis penyinaran relatif lebih kecil untuk dosis penyinaran yang lebih rendah. Kecenderungan ini mirip dengan hasil penyinaran yang dilakukan di Secondary Standard Dosimetry Laboratory, Office of Atoms for Peace (SSDL-OAP), Thailand dengan sumber ^{137}Cs yang mana rasio dosisnya adalah 0,92 untuk dosis penyinaran 1 mSv dan 0,60 untuk dosis penyinaran 0,35 mSv (Jumpeno dan Ekaranti, 2017). Rasio dosis bacaan terhadap dosis penyinaran cenderung semakin besar jika dosis penyinaran yang diberikan pada dosimeter OSL meningkat. Kobayashi dalam publikasinya juga menyatakan bahwa deviasi standar dosis bacaan akan menurun apabila dosis penyinarannya meningkat (Kobayashi et al., 2012).

5. KESIMPULAN

Respons dosis ambient atau $H^*(10)$ hasil bacaan terhadap penyinaran radiasi gamma ^{137}Cs dosis rendah menggunakan dosimeter OSL lingkungan menunjukkan kurva linier dengan korelasi yang kuat sebesar 0,97-0,98. Dosis penyinaran yang mengenai dosimeter OSL dapat terbaca apabila melebihi 0,151 mSv (konfigurasi 1) dan 0,140 mSv (konfigurasi 2).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Subbidang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi-PTKMR BATAN yang sudah memberikan izin menggunakan Fasilitas Laboratorium Kalibrasi Alat Ukur Radiasi untuk penyinaran dosis radiasi gamma.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelaziz, F., & Mebhah, D. (1991). Caractérisation des détecteurs RTL pour la mesure du Gamma Ambient: CaSO_4 :

- Dy-CaF₂: Dy-LiF: Mg; Cu; P. *Mémoire de Technicien Supérieur en Génie Nucléaire*.
- Benkrid, M., Mebhah, D., Djeflal, S., & Allalou, A. (1992). Environmental gamma radiation monitoring by means of TLD and ionisation chamber. *Radiation Protection Dosimetry*, 45(1-4), 77-80.
- Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC. (2013). *Natural background radiation*. Retrieved Juli 1, 2019 from <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/FactSheets/Fact-Sheet-Background-Radiation-eng.pdf>.
- Ford, R.M., Hanify, R.D., and Perks, C.A.(2004), *Depletion of the signal from optically stimulated luminescence doseimeters*. Retrieved Juli 1, 2019 from <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/irpa/2004/files/3h22.pdf>.
- International Organization for Standardization. (2017). *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. Retrieved Juli 1, 2019 from <https://www.iso.org/standard/66912.html>.
- Imatoukene, D., Abdelaziz, F., Mezaguer, M., & Lounis-Mokrani, Z. (2008). Development of new system for environmental monitoring based on Al₂O₃: C detectors. *Radiation Measurements*, 43(2-6), 668-671.
- Jumpeno, B.Y.E. B & Ekaranti, E. (2017). *Jaminan mutu pada evaluasi dosis perorangan H_p(10) dan H_p(0,07) Menggunakan Dosimeter OSL (OSLD) di PTKMR BATAN. Prosiding PPI Standardisasi 2017*, 53-61.
- Jumpeno, E. B., Ekaranti, E., & Nugroho, F. (2017). Verifikasi Dosis H*(10) Pada Evaluasi Dosis Radiasi Lingkungan Menggunakan Dosimeter OSL. *Widyanuklida*, 16(1), 22 – 28.
- Kho D. (2019). *Pengertian dan Analisis Korelasi Sederhana dengan Rumus Pearson [Definition and Analysis of Simple Correlation with the Pearson Formula]*. Retrieved Juli 1, 2019 from <https://teknikelektronika.com/pengertian-analisis-korelasi-sederhana-rumus-pearson/>
- Kobayashi, I., Okazaki, T., Yajima, K., & Yasuda, H. (2012). Environmental radiation dosimetry by the small OSL reader. *Progress in Nuclear Science and Technology*, 3, 79-81.
- Landauer Inc (2009). *Dosimeter designation: Inlight environmental dosimeter*. Retrieved Juni 10, 2019 from <https://www.nagase-landauer.co.jp/english/inlight/pdf/Dosimeters/einvironmentaldosimeters.pdf>.
- Landauer Inc (2009). *Landauer,s albedo neutron detector*. Retrieved Juni 10,2019 from <https://www.nagase-landauer.co.jp/english/inlight/pdf/Dosimeters/neutrontdosime-ters.pdf>.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, PTKMR. (2018). *Data dosis efektif pada masyarakat akibat paparan radiasi alam tinggi di Mamuju (2018, Desa Ahu dan Desa Salletto)*. Laporan Teknis Kegiatan Litbang 2018 PTKMR BATAN.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2018). *Laporan hasil uji dosis ambient daerah kerja di Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder-Kantor Pusat BATAN Bulan Agustus 2018*, LHU KKPR-PTKMR BATAN.
- Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi. (2017). *Data dosis efektif pada masyarakat akibat paparan radiasi alam tinggi di Mamuju (2017, Desa Transmigrasi dan Mamuju Kota)*. Laporan Teknis Kegiatan Litbang 2017 PTKMR BATAN.
- Pinto, T. N. O., Cecatti, S. G. P., Gronchi, C. C., & Caldas, L. V. E. (2008). Application of the OSL technique for beta dosimetry. *Radiation Measurements*, 43 (2-6),332-334.