

Verifikasi Dosis $H^*(10)$ Pada Evaluasi Dosis Radiasi Lingkungan Menggunakan Dosimeter OSL

Verification of $H^(10)$ Dose on Environmental Dose Evaluation by Using OSL Dosimeter*

B.Y. Eko Budi Jumpeno*, Egnis Ekaranti dan Fendi Nugroho
PTKMR - BATAN

*email: jumpeno@batan.go.id

ABSTRAK

Telah dilakukan verifikasi dosis $H^*(10)$ pada evaluasi dosis radiasi lingkungan menggunakan dosimeter OSL tipe EX. Pertama, disiapkan dosimeter OSL tipe EX sebanyak 16 buah yang dibagi menjadi 4 grup yaitu Grup Kontrol, Grup 1, Grup 2 dan Grup 3 yang masing-masing grup terdapat 4 buah dosimeter. Kemudian, dosimeter OSL pada Grup 1, Grup 2, dan Grup 3 disinari dengan radiasi dari sumber Cs-137 dengan dosis $H^*(10)$ masing-masing 1 mSv, 2,5 mSv, dan 5 mSv. Hasil analisis menunjukkan bahwa rasio nilai *measured dose* terhadap *true dose* adalah 0,87 - 0,95 (deviasi *measured dose* terhadap *true dose* berkisar antara 7 - 13%) pada penyinaran 1 mSv, 1,03 - 1,07 (deviasi berkisar 3 - 7%) pada penyinaran 2,5 mSv, dan 1,07 - 1,13 (deviasi sekitar 7 - 13%) pada penyinaran 5 mSv. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa nilai deviasi *measured dose* terhadap *true dose* $\leq 13\%$ sehingga pengukuran dosis radiasi lingkungan/daerah kerja menggunakan dosimeter OSL tipe EX di Subbidang KKPR PTKMR BATAN dapat dipercaya. Namun demikian perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap tingkat kepercayaan hasil evaluasi dosis $H^*(10)$ dengan dosis kurang dari 1 mSv.

Kata Kunci: dosis $H^*(10)$, evaluasi dosis, dosimeter OSL.

ABSTRACT

A verification of $H^(10)$ dose has been performed using OSL dosimeter type EX in environmental dose evaluation. Firstly, it was prepared 16 dosimeters which were divided into 4 groups namely Group Control, Group 1, Group 2 and Group 3, on each group consisted 4 pieces of dosimeter. Then, OSL dosimeters in Group 1, Group 2, and Group 3 were irradiated by of a Cs-137 source with a dose of $H^*(10)$ at 1 mSv, 2.5 mSv, and 5 mSv respectively. The results of the analysis showed that the ratio of measured dose to true dose value were 0.87 - 0.95 (the deviation of measured dose to true dose ranged from 7 - 13%) on irradiation of 1 mSv, 1.03 - 1.07 (deviation ranged from 3 - 7%) on irradiation of 2.5 mSv, and 1.07 - 1.13 (deviation of 7 - 13%) at 5 mSv irradiation. Thus, it can be concluded that the deviation of the measured dose to true dose is $\leq 13\%$, so that the radiation dose measurement of the environment/occupational area using OSL dosimeter type EX conducted in the KKPR Subdivision of PTKMR BATAN can be trusted. Nevertheless, further study of the confidence level for the $H^*(10)$ dose with less than 1 mSv is necessary conducted.*

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

PENDAHULUAN

Sejak tahun 2011, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTKMR BATAN) memiliki fasilitas evaluasi dosis menggunakan teknologi OSL (*optically stimulated luminescence*). Fasilitas ini dikenal dengan sebutan **InLight microStar System**. Perangkat evaluasi dosis tersebut bersifat portabel dan dapat digunakan untuk mengevaluasi dosis personal, dosis ambien, dan dosis medik/pasien [1].

InLight microStar System terdiri dari OSLD microStar Reader (OSLD Reader), komputer dan *barcode scanner*. Perangkat ini merupakan alat baca dosimeter OSL InLight tipe XA/AA (dosis personal), tipe EX (dosis lingkungan), dan tipe dot (dosis pasien/medik) [1].

Pada klausul 5.5.2. SNI ISO/IEC 17025:2008 dinyatakan bahwa peralatan dan piranti lunak yang digunakan untuk pengujian harus mampu menghasilkan akurasi yang diperlukan dan harus sesuai dengan spesifikasi yang relevan dengan pengujian yang dimaksud. Dinyatakan pula bahwa sebelum digunakan, peralatan harus dikalibrasi dan dicek untuk memastikan bahwa peralatan tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi laboratorium dan sesuai dengan spesifikasi standar yang relevan [2]. Sebagai pelaksanaan dari klausul tersebut maka pada bulan Juli 2017, OSLD Reader di PTKMR BATAN telah dikalibrasi ulang untuk digunakan mengevaluasi dosis personal, dosis lingkungan, dan dosis pasien/medik. Fasilitas InLight microStar System juga telah melaksanakan test stabilitas pada OSLD Reader dan *quality control* serta kegiatan uji profisiensi/interkomparasi untuk dosis personal [3].

Pada tahun 2017, Fasilitas InLight microStar System ikut serta dalam interkomparasi dosis personal Hp(10) dan

Hp(0,07) yang diselenggarakan oleh *Secondary Standard Dosimetry Laboratory – Office of Atoms for Peace* (SSDL-OAP), Thailand dengan hasil evaluasi dosis yang dilakukan di PTKMR BATAN memenuhi kriteria [4]. Di samping itu, Fasilitas InLight microStar System juga terlibat dalam interkomparasi Hp(10) untuk sumber Cs-137 dan X-Ray, 80 kV yang diselenggarakan oleh SSDL-BATAN, Indonesia dengan hasil evaluasi dosis yang juga memenuhi kriteria [5].

Berkaitan dengan penelitian data dosis efektif pada masyarakat akibat paparan radiasi alam tinggi di Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat yang berada di bawah koordinasi Bidang Radioekologi PTKMR BATAN, Fasilitas InLight microStar System terlibat dalam mengevaluasi dosis ambien lingkungan atau H*(10) menggunakan dosimeter OSL tipe EX [6].

Untuk memastikan akurasi hasil evaluasi dosis H*(10) menggunakan dosimeter OSL tipe EX maka dilaksanakan kegiatan verifikasi dosis H*(10). Tulisan ini diharapkan dapat memberikan gambaran kepastian bahwa hasil evaluasi pada pengukuran dosis H*(10) menggunakan dosimeter OSL pada Fasilitas InLight microStar System di Subbidang KKPR PTKMR BATAN dapat dipercaya dan dipertanggungjawabkan hasilnya.

METODE

Kegiatan verifikasi dosis H*(10) pada dosimeter lingkungan meliputi tahapan sebagai berikut: penyiapan dosimeter OSL tipe EX yang sudah di-*annealing*, penyinaran dosis menggunakan sumber Cs-137, dan pembacaan dosis H*(10) dengan OSLD Reader.

Pembacaan dosis H*(10) dilakukan dengan menggunakan perangkat MicroStar Reader yang sudah diintegrasikan dengan komputer dan *barcode scanner*.

MicroStar Reader adalah jenis InLight reader yang terkecil dan dapat digunakan untuk melakukan pembacaan dosis di lapangan (*in situ*) dalam rangka melakukan evaluasi dosis secara cepat dan akurat. InLight system merupakan sistem perhitungan dosis secara otomatis menggunakan teknologi OSL yang dikembangkan oleh Landauer. Gambar 1 memperlihatkan perangkat OSLD microStar Reader.



Gambar 1. OSLD microStar Reader

Dosimeter OSL menerima paparan radiasi pada material detektor $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$. Pada proses pembacaan, digunakan LED (*light emitting diode*) untuk menstimulasi detektor. Cahaya yang diemisikan oleh bahan OSL dideteksi dan diukur menggunakan PMT (*photomultiplier tube*) dengan memanfaatkan sistem pembacaan foton sensitivitas tinggi. Kuantitas cahaya yang dilepaskan selama stimulasi optik setara dengan besar dosis radiasi. Proses pembacaan dosimeter OSL dapat diulang dengan pengurangan sinyal bacaan kurang lebih 0,5% setiap pembacaan.

Dosimeter OSL tipe EX adalah tipe dosimeter yang digunakan untuk mengukur dosis $H^*(10)$. Dosimeter OSL tipe ini dapat digunakan untuk mengukur dosis yang berasal dari paparan radiasi lingkungan atau paparan radiasi daerah kerja.

Penyiapan Dosimeter OSL Tipe EX.

Disiapkan dosimeter OSL tipe EX sebanyak 16 buah yang dibagi menjadi 4 grup yaitu Grup Kontrol, Grup 1, Grup 2 dan Grup 3 yang masing-masing grup terdapat 4 buah dosimeter. Semua dosimeter di-*annealing* dan dibaca dengan OSLD Reader serta dipastikan bahwa hasil pembacaan 0. Dosimeter OSL yang sudah di-*annealing* kemudian dibungkus dengan kertas aluminium *foil* untuk mencegah cahaya tembus dan dimasukkan ke dalam plastik ber-*seal*. Masing-masing plastik diberi tanda grup dan nomor a, b, c, dan d. Dosimeter OSL sudah siap disinari. Gambar 2 memperlihatkan contoh dosimeter OSL tipe EX.



Gambar 2. Contoh dosimeter OSL tipe EX yang belum dibungkus aluminium foil (kiri) dan sudah dibungkus (kanan).

Penyinaran Dosis Radiasi Pada Dosimeter OSL Tipe EX

Dosimeter OSL pada Grup 1, Grup 2, dan Grup 3 disinari dengan radiasi dari sumber Cs-137 di Fasilitas Kalibrasi Gamma OB-85 di PTKMR – BATAN dengan dosis $H^*(10)$ masing-masing 1 mSv, 2,5 mSv, dan 5 mSv. Sedangkan Grup Kontrol tidak mendapatkan penyinaran dosis. Setelah mendapatkan penyinaran, dosimeter tersebut dibiarkan satu malam untuk “pendinginan” dan kemudian dievaluasi dosisnya menggunakan OSLD Reader.

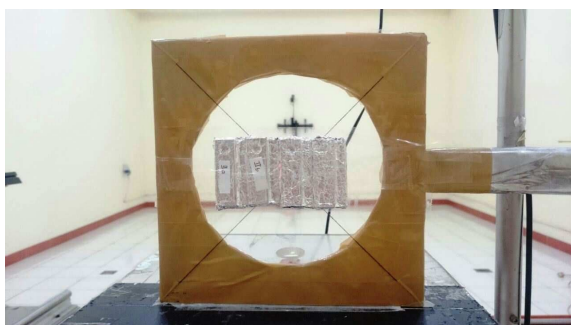
Penyinaran dosis $H^*(10)$ pada dosimeter OSL menggunakan sumber Cs-137 dilakukan pada jarak 200 cm dari sumber sesuai protokol penyinaran yang dimiliki oleh Fasilitas Kalibrasi Gamma OB-85. Laju dosis $H^*(10)$ pada jarak 200 cm tanpa *absorber* adalah

8110,4 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Resolusi waktu penyinaran radiasi adalah 1 detik.

Gambar 3 memperlihatkan fasilitas kalibrasi Cs-137 OB-85 di PTKMR – BATAN, sedangkan Gambar 4 memperlihatkan cara peletakan dosimeter OSL pada penyinaran dosis H*(10) di fasilitas kalibrasi Cs-137 OB-85.



Gambar 3. Fasilitas kalibrasi gamma Cs-137 OB-85 di PTKMR – BATAN



Gambar 4. Peletakan dosimeter OSL pada penyinaran dosis H*(10) di fasilitas kalibrasi gamma Cs-137 OB-85.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyinaran dosis radiasi Cs-137 pada dosimeter OSL tipe EX dan evaluasi dosisnya sudah dilakukan sesuai rencana penyinaran dosis. Hasil evaluasi dosis H*(10) pada dosimeter OSL tipe EX dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Dosis H*(10) Pada Dosimeter OSL Tipe EX

Grup *)	No Kode	True Dose (mSv)	Measured Dose (mSv)	Measured Dose / True Dose	Deviasi Terhadap True Dose (%)
I	a	1	0,87	0,87	13,0
	b	1	0,87	0,87	13,0
	c	1	0,93	0,93	7,0
	d	1	0,93	0,93	7,0
II	a	2,5	2,65	1,06	6,0
	b	2,5	2,62	1,05	5,0
	c	2,5	2,68	1,07	7,0
	d	2,5	2,57	1,03	3,0
III	a	5	5,6	1,12	12,0
	b	5	5,46	1,09	9,0
	c	5	5,35	1,07	7,0
	d	5	5,65	1,13	13,0

*) Evaluasi dosis pada dosimeter grup kontrol menunjukkan nilai 0

Tabel 1 menggambarkan nilai bacaan dosis pada penyinaran (*true dose*) sebesar 1 mSv, 2,5 mSv, dan 5 mSv. Rasio nilai *measured dose* terhadap *true dose* menunjukkan 0,87 – 0,95 (deviasi *measured dose* terhadap *true dose* berkisar antara 7-13 %) pada penyinaran 1 mSv, 1,03-1,07 (deviasi 3-7 %) pada penyinaran 2,5 mSv, dan 1,07 – 1,13 (deviasi 7-13 %) pada penyinaran 5 mSv. Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa deviasi *measured dose* terhadap *true dose* di bawah 20%. Nilai 20% merupakan nilai yang ditetapkan sebagai batas faktor kalibrasi terhadap dosis standar (*true dose*) ketika peralatan ukur radiasi dikalibrasi untuk mengukur dosis. Berdasarkan uraian di atas, disimpulkan bahwa evaluasi dosis H*(10) pada dosimeter OSL tipe EX menggunakan OSLD Reader Sn. 1340537 di PTKMR BATAN dapat diterima (dipercaya).

Pada tahun 2016 Fasilitas InLight microStar System Subbidang KKPR (Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi) PTKMR BATAN berpartisipasi dalam interkomparasi dosis Hp(10) yang diselenga-

rakan oleh Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder (LDSS-PTKMR BATAN) dengan hasil sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2. Dalam interkomparasi dosis Hp(10) tersebut digunakan dosimeter OSL tipe XA. Sumber radiasi yang digunakan oleh LDSS PTKMR BATAN dalam kegiatan interkomparasi ini adalah Cs-137.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Dosis Hp(10) Pada Dosimeter OSL Tipe XA

Grup	No Kode	True Dose (mSv)	Measured Dose (mSv)	Measured Dose / True Dose *)	Deviasi Terhadap True Dose (%)
I	a	1	0,869	0,87	13,1
	b	1	0,819	0,82	18,1
	c	1	0,919	0,92	8,1
	d	1	0,859	0,86	14,1
II	a	6	6,259	1,04	4,3
	b	6	5,809	0,97	3,2
	c	6	6,329	1,05	5,5
	d	6	6,369	1,06	6,1

*) Rasio (measured dose / true dose) yang dapat diterima untuk Grup I: 0,22 - 1,88 mSv

*) Rasio (measured dose / true dose) yang dapat diterima untuk Grup II: 0,56 - 1,61 mSv

Sumber: Subbidang KKPR, PTKMR - BATAN

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil evaluasi dosis Hp(10) memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh LDSS PTKMR BATAN. Hasil interkomparasi dosis Hp(10) yang diikuti oleh Fasilitas InLight microStar System menguatkan keberterimaan hasil pembacaan dosis menggunakan OSLD Reader Sn. 1340537 di PTKMR BATAN.

Reporting value (RV) pada dosimeter OSL tipe EX menurut spesifikasi teknis yang dipublikasikan oleh Landauer untuk radiasi gamma/x-ray adalah 0,05 mSv [6]. Dalam tulisan ini, penyinaran dosis H*(10) dari sumber Cs-137 dibatasi sampai dosis 1 mSv. Namun berdasarkan rekaman data penyinaran dosis Hp(10) yang ada di Subbidang KKPR

PTKMR BATAN, Fasilitas InLight microStar System pernah melakukan penyinaran untuk dosis 0,25 mSv dan 0,5 mSv dengan sumber Cs-137 menggunakan Fasilitas Kalibrasi Gamma OB-85 pada tahun 2016. Hasil pembacaan dosis Hp(10) menggunakan OSLD Reader Sn. 1340537 ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Dosis Hp(10) Pada Dosimeter OSL Tipe XA Untuk Dosis 0,25 mSv dan 0,5 mSv

Grup	No Kode	True Dose (mSv)	Measured Dose (mSv)	Measured Dose / True Dose	Deviasi Terhadap True Dose (%)
I	a	0,25	0,07	0,28	72,0
	b	0,25	0,02	0,08	92,0
	c	0,25	0,01	0,04	96,0
	d	0,25	0,01	0,04	96,0
II	a	0,5	0,37	0,74	26,0
	b	0,5	0,27	0,54	46,0
	c	0,5	0,29	0,58	42,0
	d	0,5	0,29	0,58	42,0

Sumber: Subbidang KKPR, PTKMR - BATAN

Tabel 3 melukiskan bahwa hasil evaluasi dosis Hp(10) pada dosimeter OSL tipe XA untuk penyinaran Cs-137 menunjukkan bahwa deviasi *measured dose* terhadap *true dose* cukup signifikan pada dosis < 1 mSv. Penyimpangan terhadap *true dose* cenderung membesar pada kuantitas dosis yang makin kecil.

Merujuk pada IAEA Safety Standar Series RS-G-1.3, koefisien konversi kerma udara ke dosis Hp(10) untuk energi foton 0,662 MeV (Cs-137) dan koefisien konversi kerma udara ke dosis H*(10) untuk energi foton 0,600 MeV nilainya sama yaitu 1,21 Sv/Gy [7]. Dengan demikian nilai rasio *measured dose* terhadap *true dose* pada Tabel 3 dapat menjadi acuan dalam melakukan evaluasi dosis H*(10) di bawah 1 mSv. Namun demikian diperlukan kajian lebih lanjut pada evaluasi dosis H*(10) di bawah 1 mSv melalui penyinaran dosis

H*(10) (250 μ Sv, 500 μ Sv, dan 750 μ Sv) menggunakan dosimeter OSL tipe EX mengingat radiasi lingkungan yang dipantau seringkali dosisnya rendah mendekati *background*.

Berdasarkan uraian di atas dapat dikatakan bahwa hasil evaluasi dosis H*(10) menggunakan dosimeter OSL tipe EX serta OSLD Reader Sn. 1340537 di PTKMR BATAN mampu memberikan keyakinan pada pemantauan radiasi lingkungan dan daerah kerja. Hasil evaluasi dosis menggunakan dosimeter OSL tipe EX dapat dipercaya/diterima. Namun demikian perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk hasil evaluasi dosis H*(10) tingkat rendah.

KESIMPULAN

Berkaitan dengan uraian yang sudah disampaikan di atas maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Pada penyinaran radiasi Cs-137 untuk dosis ambien H*(10) 1 s.d. 5 mSv menggunakan dosimeter OSL tipe EX, nilai deviasi *measured dose* terhadap *true dose* $\leq 13\%$ sehingga pengukuran dosis radiasi lingkungan/daerah kerja menggunakan dosimeter OSL tipe EX di Subbidang KKPR PTKMR BATAN dapat dipercaya.
- b. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait tingkat kepercayaan hasil evaluasi dosis H*(10) pada dosis rendah (< 1 mSv) dalam pemantauan dosis radiasi lingkungan.
- c. Fasilitas InLight microStar System di Subbidang KKPR PTKMR BATAN dapat dimanfaatkan untuk melakukan evaluasi dosis H*(10) baik untuk radiasi lingkungan maupun radiasi daerah kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada Kepala Subbidang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi (KAUR) yang

sudah memberikan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan penyinaran dosis H*(10) serta Kepala Subbidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR) dalam penggunaan Fasilitas InLight MicroStar System dan penyediaan data terkait hasil evaluasi dan rekaman hasil interkomparasi dosis Hp(10).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Landauer microStar User Manual, Glenwood: Landauer Inc., 2009.
- [2] SNI ISO/IEC 17025:2008: Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [3] "Laporan Hasil Interkomparasi Besaran Hp(10), SSDL Report No. 15 & 18/KN 04 02/KMR 5/2016," Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta, 2016.
- [4] "Laporan Hasil Evaluasi Dosis Paparan Radiasi di Mamuju-Sulbar Menggunakan Dosimeter OSL Untuk Dosis Ambien dan Dosis Personil, Laporan Pemantauan Periode Maret - Mei 2017," Jakarta, 2017.
- [5] "Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation," dalam *Safety Standard Series No. RS-G-1.3*, Vienna, International Atomic Energy Agency, 1999.
- [6] "Standar Operasional Prosedur Pemantauan Dosis Perorangan, Dosis Lingkungan dan Dosis Pasien/Medik dengan Lencana OSLD, SOP No. 006 003/KN 02 01/KMR 4.1," Jakarta, 2017.
- [7] C. A. Perks dan C. N. Passmore, *The InLight Dosemeter-Comparison with IEC 61066: Technical Review*, Landauer Europe and Landauer Inc., 2006.
- [8] B. E. B. Jumpeno dan E. Ekaranti, "Quality Audit for Personal Dose Evaluation by Optically Stimulated Luminescence

Dosimeter (OSLD) in CTRSM NNEA,”
Paper for published at ICONSTA-NNEA,
2017.

- [9] “Intercomparison for Personal Dose Equivalent Hp(10) and Hp(0,07) on Photon and Beta Fields, SSDL Report Ref. I009/2016,” Bangkok, 2016.