

## PENGEMBANGAN TLD-900 KAPILER UNTUK PEMANTAUAN RADIASI LINGKUNGAN

Hasnel Sofyan, Suyati dan Helfi Yulianti

P3KRBiN – BATAN

### ABSTRAK

*PENGEMBANGAN TLD-900 KAPILER UNTUK PEMANTAUAN RADIASI LINGKUNGAN. Telah dilakukan pengembangan TLD-900 kapiler untuk digunakan dalam pemantauan dosis radiasi di lingkungan. Hasil dari penelitian memperlihatkan bahwa tanggapan dosis TLD-900 adalah linier dengan kemampuan mencatat dosis minimum sebesar 0,01 mGy. Dosimeter dengan menggunakan kapsul kedap cahaya, dapat menghindarkan pengaruh cahaya dan kelembaban. Informasi dosis radiasi yang disimpan selama 30 hari mengalami pemudaran 25 %.*

### ABSTRACT

*DEVELOPMENT OF TLD-900 CAPILLARY FOR ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING. Research on the development of TLD-900 capillary for used in environmental radiation dose monitoring has been carried out. The response dose is linear and has a minimum detectable dose of 0.01 mGy, sunshine effect with non-penetrating light capsule of 4.65 %, humidity effect is not significant by using non-penetrating light capsule. Radiation dose information during 30 days are fading 25%.*

### PENDAHULUAN

Perkembangan iptek nuklir dan/atau non-nuklir dalam berbagai bidang, baik dalam bidang industri, pertanian maupun dalam bidang kedokteran, diikuti juga dengan peningkatan dampak yang dapat diakibatkan oleh perkembangan tersebut. Selain dari itu, tuntutan terhadap keselamatan para pekerja dan masyarakat serta keselamatan lingkungan sekitarnya juga meningkat. Pada industri non-nuklir, beberapa kegiatan seperti tambang timah, granit, minyak-gas ataupun pabrik fosfat dan papan gipsum dan lain-lain dengan produk sampingan berupa NORM (*Natural Occurring Radioactive Material*) tanpa disadari dapat menyebabkan terjadinya peningkatan paparan radiasi alam di sekitarnya. Dari hasil pengkajian negara-negara Amerika, Eropa, Australia dan beberapa negara Asia (China, India, Malaysia, Bangladesh), NORM dapat dikategorikan sebagai limbah radioaktif yang perlu mendapatkan perhatian dan penanganan yang serius [1,2].

Untuk mengetahui besarnya dosis radiasi yang ditimbulkan oleh NORM tersebut di atas diperlukan suatu sistem dosimeter yang memenuhi persyaratan tertentu, yang dapat mendeteksi dosis radiasi di lingkungan sebesar 1 mGy selama satu tahun. Bahkan sangat dibutuhkan suatu dosimeter yang memiliki

kemampuan mengukur dosis radiasi 0,1 mGy, dan dalam beberapa kasus tertentu, misalnya untuk pemantauan radiasi secara terus menerus selama satu bulan diperlukan suatu dosimeter dengan kepekaan 0,01 mGy. Persyaratan lainnya yang penting, adalah kemampuan menyimpan informasi dosis radiasi harus tinggi atau kehilangan informasi radiasi selama pemakaian harus kecil. Dosimeter harus tidak terpengaruh oleh kondisi lingkungan seperti : kelembaban, temperatur, tekanan dan radiasi bukan pengion. Di samping itu dosimeter tidak mengandung mineral radioaktivitas alam yang dapat menyebabkan radiasi diri dan sebaliknya dosimeter tersebut mempunyai kesetaraan dengan udara atau jaringan lunak.

Pada tahun 1975 ANSI (*American National Standards Institute*) telah mempublikasikan kriteria minimum yang harus dipenuhi oleh suatu sistem dosimeter yang dapat digunakan untuk mengukur dosis lingkungan, yaitu persentase deviasi standar untuk keseragaman tanggapan  $\pm 15$  %, kedapat ulangan  $\pm 5$  %, pengaruh lingkungan dari penerangan  $\leq 10$  %, kelembaban  $\leq 10$  % dan ketergantungan energi untuk 80 – 3000 keV  $\pm 20$  %, 30 – 80 keV  $\leq 200$  %, secara keseluruhan pengukuran  $\leq 30$  %. Berdasarkan pertimbangan dan kriteria ANSI di atas sistem dosimeter yang memenuhi persyaratan menurut laporan hasil interkomparasi Kramer dkk. 1997



dari 20 sistem TLD yang berlainan menunjukkan bahwa  $\text{CaSO}_4$  dan  $\text{CaF}_2$  mempunyai kepekaan yang tinggi, mampu mencatat dosis kecil dari 0,01 mGy [3].

Dari hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Abu Bakar dkk. diperlihatkan bahwa TLD-900 serbuk yang terbuat dari bahan  $\text{CaSO}_4$  dengan aktivator Dy mampu mencatat dosis kurang dari 0,01 mGy dan dengan persentase deviasi standar lebih kecil dari kriteria yang ditetapkan oleh ANSI. Untuk dosis ambang dan kepekaan rata-rata masing-masing 15,57  $\mu\text{Gy}$  dan 10,35 nC/mGy [3]. Dengan hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut, TLD-900 dapat digunakan untuk mengukur besarnya dosis radiasi di lingkungan yang diperkirakan terdapat unsur NORM.

Dalam usaha meningkatkan daya pakai menjadi lebih baik dan praktis untuk pemantauan dosis radiasi lingkungan yang berasal dari NORM, dilakukan pengembangan TLD-900  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  buatan Puslitbang KRBIN-BATAN dari TLD berbentuk serbuk menjadi dosimeter kapiler.

## TATA KERJA

### Bahan Dan Peralatan

Fosfor kalsium sulfat dengan aktivator dysprosium ( $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ ) atau dikenal juga dengan TLD-900 ini merupakan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan oleh Abubakar Ramain dkk [3] sehingga diperoleh fosfor yang memiliki kepekaan tinggi dan pemudaran yang kecil. Fosfor buatan P3KRBIN ini dibuat dengan metode pemanasan secara perlahan-lahan dalam gradien temperatur 275–300°C. Pembacaan TLD dilakukan dengan menggunakan *TLD reader Harshaw* model 2000A dan 2000B yang dialirkan gas  $\text{N}_2$  untuk memperkecil sinyal TL yang berasal dari radiasi bukan pengion. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, *TLD-Reader Harshaw* model 2000A dan 2000B di-*set* dengan tegangan tabung *photomultiplier* diatur pada 617 volt sehingga kepekaan yang diharapkan menjadi 169 nC/detik, sinyal TL diintegrasikan selama 30 detik dan temperatur 250°C serta laju pemanasan rata-rata diatur pada 7°C/detik. Kondisi ini dipertahankan selama penelitian untuk mengetahui karakteristik TLD-900 kapiler yang meliputi ; kepekaan, dosis ambang, tanggapan dosis, pemudaran dan kedapat-ulangan.

Kepekaan setiap TLD-900 kapiler yang diproduksi dapat diketahui dari pengelompokan

berdasarkan besarnya bacaan tanggapan dosis yang diberikan TLD yang telah disinari menggunakan sumber radiasi sinar gamma standar  $^{137}\text{Cs}$  sebesar 10 mGy. Pengelompokan tersebut dilakukan dengan koefisien variasi (%K)  $\leq 10\%$  [3]. Berbeda dengan di atas, dalam menentukan besarnya dosis ambang pada suatu TLD dilakukan tanpa penyinaran TLD tersebut dengan sumber radiasi terlebih dahulu, tetapi TLD di-*annealing* pada temperatur 400°C selama 1 jam dan langsung dilakukan pembacaan intensitas TL-nya. Besarnya nilai dosis ambang berdasarkan dua deviasi standar yang dibagi dengan kepekaannya.

Untuk mengetahui linieritas tanggapan dosis TLD-900 kapiler dilakukan penyinaran TLD dalam beberapa tahap penyinaran pada kondisi dan perlakuan yang sama menggunakan sumber standar  $^{60}\text{Co}$ . TLD-900 kapiler disinari dengan dosis radiasi sebesar 0,1; 0,3; 0,5; 1,5; 1; 5; 10; 50; 100; 300; 500; 700; dan 1000 mGy. Setiap dosis penyinaran, TLD yang telah dibaca di-*annealing* pada temperatur 400°C selama 1 jam, untuk dilanjutkan dengan penyinaran dengan dosis selanjutnya. Hasil bacaan intensitas TL-nya dibuat dalam bentuk kurva tanggapan terhadap besarnya dosis yang diberikan. Dan kemampuan TLD-900 kapiler tersebut untuk menyimpan dosis, dapat diketahui dengan mengevaluasi intensitas TL-nya setelah 1, 3, 5, 7, 14, 20 dan 28 hari masa penyimpanan tanpa dilakukan pemanasan akhir (*post annealing*). Sebelum dilakukan penyinaran TLD-900 dengan menggunakan sumber standar  $^{137}\text{Cs}$ , terlebih dahulu dilakukan *annealing* pada temperatur 400°C selama 1 jam.

Kestabilan daya pakai tanggapan TLD-900 kapiler terhadap radiasi pengion dapat diketahui dengan menyelidiki kedapat-ulangan dari tiga siklus penyinaran menggunakan sumber standar, dosis dan kondisi yang sama. Sebelum disinari dengan dosis sebesar 100 mGy menggunakan sumber standar  $^{137}\text{Cs}$ , TLD-900 kapiler di-*annealing* pada suhu 400°C selama 1 jam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi TLD-900 kapiler dari fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk dibuat dengan menggunakan teknologi yang sederhana. Dalam pembuatan ini diperoleh sebanyak 331 buah TLD-900 kapiler dengan keberhasilan 76,7% yang dibagi dalam dua kelompok tanggapan. Sedang sisanya sebesar 23,3% merupakan hasil yang tidak bisa digunakan karena adanya cacat pembuatan



seperti penggelembungan pada salah satu sisinya, bocor dan pecah.

Kepekaan dan dosis ambang TLD-900 kapiler dalam beberapa tahap pembuatan ditunjukkan pada Tabel 1. Dari pembuatan tersebut, ternyata memberikan kepekaan dan dosis ambang yang berbeda-beda. Kepekaan rata-rata yang diperoleh dari kelompok 1 adalah 8,95 nC/mGy sampai 11,74 nC/mGy dengan dan untuk kelompok 2 adalah 8,41 nC/mGy sampai 11,27 nC/mGy. Dosis ambang dosimeter TL CaSO<sub>4</sub>:Dy gelas kapiler juga memberikan hasil yang berbeda-beda dengan tanggapan masing-masing kelompok adalah 2,5 µGy sampai 15,7 µGy untuk kelompok 1 dan 1,43 µGy sampai 23,9 µGy untuk kelompok 2. Perbedaan kepekaan dan dosis ambang dosimeter TL CaSO<sub>4</sub>:Dy, diperkirakan terjadi pada proses pembacaan dosimeter yang menyebabkan pemanasan yang diterima dosimeter tidak homogen. Hal ini dapat terjadi karena posisi dosimeter TL yang tidak sejajar dengan *planset TLD reader*. Di samping itu, juga dapat disebabkan nilai koefisien variasi dosimeter pada saat melakukan pengelompokan sangat beragam.

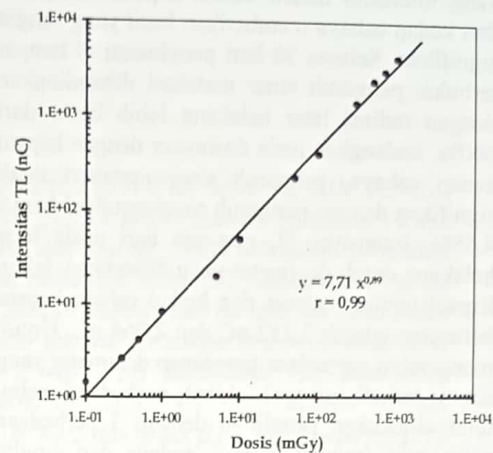
Tabel 1. Kepekaan dan dosis ambang dosimeter TL CaSO<sub>4</sub>:Dy gelas kapiler

Tahap	Kepekaan (nC/mGy)		Dosis ambang (µGy)	
	Kel. 1	Kel. 2	Kel. 1	Kel. 2
I	8,95	8,41	2,50	1,43
II	11,74	8,94	10,80	23,90
III	9,08	11,27	15,70	14,20

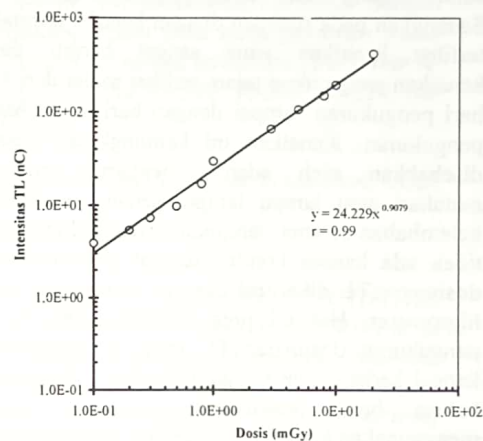
Tanggapan rata-rata TLD-900 kapiler terhadap dosis diperlihatkan pada Gambar 1 (a) dengan persamaan regresi  $y = 7,71x^{0,99}$  dan koefisien korelasi  $r = 0,99$ . Sedangkan pada Gambar 1 (b) dengan persamaan regresi  $y = 24,229x^{0,9079}$  dan koefisien korelasinya  $r = 0,99$  diperlihatkan tanggapan rata-rata TLD-900 kapiler setelah dilakukan pengembangan planset TLD reader dari bentuk untuk pembacaan TLD chips/serbuk ke bentuk khusus untuk pembacaan TLD kapiler. Dari kedua kurva ini dapat dilihat bahwa tanggapan rata-rata TLD-900 adalah linier dengan rata-rata kedapat ulangan dan keseragaman tanggapan dalam 3 siklus pemakaian lebih kecil dari 10%.

Pada Tabel 2, diperlihatkan kemampuan dari dosimeter dalam menyimpan informasi dosis. Pada tabel ini terlihat kemampuan menyimpan

dosis dari dosimeter setelah 33 hari mengalami pemudaran sebesar 25%.



(a)



(b)

Gambar 1. Tanggapan dosis dari TLD-900 kapiler.

Tabel 2. Kemampuan TLD-900 kapiler

No	Waktu penyimpanan (hari)	Intensitas TL (nC)	Kemampuan menyimpan dosis (%)
1.	1	94,26	100
2.	3	81,12	86
3.	7	76,19	81
4.	11	65,49	70
5.	15	74,53	79
6.	20	69,22	73
7.	22	67,29	71
8.	26	64,85	69
9.	29	70,32	75
10	33	71,14	75

Dari penelitian yang dilakukan terhadap pengaruh sinar matahari pada TLD-900 kapiler yang diletakkan dalam kapsul transparan dan kedap cahaya memberikan hasil yang sangat signifikan. Selama 30 hari penyinaran di tempat terbuka, pengaruh sinar matahari dibandingkan dengan radiasi latar belakang lebih besar dari 600%. Sedangkan pada dosimeter dengan kapsul kedap cahaya, pengaruh sinar matahari tidak signifikan dengan pengaruh sinar matahari hanya 4,65%. Intensitas TL rata-rata dari dosis latar belakang untuk dosimeter yang diletakkan dalam kapsul tembus cahaya dan kedap cahaya secara berurutan adalah 3,252 nC dan 2,064 nC. Untuk mengetahui perbedaan tanggapan dosimeter yang dapat terjadi sebagai akibat perbedaan suhu, telah dilakukan penelitian dengan 3 perbedaan suhu yaitu kondisi normal, sedang dan dingin. Dalam hal ini pengaruh kelembaban pada kondisi suhu sedang dan dingin tidak signifikan. Sedangkan pada ruangan dengan kondisi normal, terlihat kenaikan yang sangat berarti dan kenaikan yang cukup tajam terlihat mulai dari 15 hari pengukuran sampai dengan hari ke-30 hari pengukuran. Kenaikan ini kemungkinan besar disebabkan oleh adanya pengaruh cahaya matahari atau lampu, sedang pengaruh kelembaban selama pengukuran dapat dikatakan tidak ada karena kondisi tempat penyimpanan dosimeter TL dikontrol dengan termometer dan higrometer. Hal ini juga didukung dari hasil pengukuran dosimeter TL yang menggunakan kapsul kedap cahaya. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil pengukuran dosimeter yang menggunakan kapsul kedap cahaya menunjukkan bahwa tanggapan dosimeter TL sebagai akibat dari pengaruh cahaya matahari dan lampu dapat diabaikan.

#### KESIMPULAN

Dari data-data hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa TLD-900 kapiler buatan P3KRBiN – BATAN dapat digunakan sebagai salah satu dosimeter TL untuk memantau dosis radiasi lingkungan dengan keseragaman tanggapan dan kedapat-ulangan cukup stabil, yaitu deviasi standarnya kurang dari 10%, sedangkan tanggapan dosis TLD-900 kapiler adalah linier dengan persamaan regresi  $y = 24,229 x^{0,9079}$  dan koefisien korelasi  $r = 0,99$ .

Pengaruh lingkungan berupa sinar matahari yang sangat besar pada dosimeter dengan kapsul transparan dapat dihilangkan dengan menggunakan kapsul kedap cahaya. Selama 30

hari penyinaran dengan sinar matahari di tempat terbuka, pengaruh sinar matahari pada dosimeter dengan kapsul kedap cahaya hanya 4,65%. Pengaruh lingkungan berupa kelembaban pada kondisi ruangan normal terlihat tanggapan dosimeter mengalami peningkatan yang sangat tajam setelah 15 hari sampai 30 hari. Dalam ruangan pakai AC dan kulkas untuk dosimeter kapsul transparan tidak signifikan. Kemampuan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  menyimpan informasi dosis mengalami pemudaran sebesar 25% untuk satu bulan.

Dari hasil-hasil penelitian di atas, masih perlu dilakukan peningkatan kualitas dengan meningkatkan ketelitian pengelompokan, kalibrasi dan evaluasi hasil bacaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- HEATON, B. and LAMBLEY, J., Tenorm in the Oil, Gas and Mineral Mining Industry, J. App. Radiation and Isotop, 46 (1995), 577 – 581.
- Bunawas dan Pujadi, Industri dan Pencemaran Radionuklida Alam di Lingkungan, Buletin Alara Vol. 2 (2), 1998, pp. 13-18
- ABUBAKAR R., DYAH. D.K., HELFI Y., dan SUYATI, Optimasi konsentrasi aktivator dysprosium dalam pembuatan fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ , Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan, PSPKR – BATAN, pp. 95–100, Jakarta (1994).
- HASNEL SOFYAN, dkk., Pengembangan dosimeter termoluminisensi  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  gelas kapiler, Prosiding Presentasi Ilmiah KRL-VI, PSPKR – BATAN, pp. 34-43, 1998.

#### TANYA JAWAB

*Tri Harjanto*

- Apakah TLD nya buatan sendiri?
- Untuk mengatasi masalah dengan kapiler yang transparan apa tidak dicoba dengan kapiler yang berwarna gelap?

*HelFi YuliatI*

- TLD nya buatan sendiri (P3KRBiN).
- Masih dalam pengembangan, saat ini sedang dicoba membuat dalam bentuk Chip, hanya saja belum ditemukan kondisi proses maupun campuran yang sesuai.