

## PENGEMBANGAN DOSIMETER THERMOLUMINISENSI $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ SEBAGAI DOSIMETER PERORANGAN DAN LINGKUNGAN

Hasnel Sofyan

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi-BATAN. E-mail: hasnel\_s@batan.go.id.

### ABSTRAK

**PENGEMBANGAN DOSIMETER THERMOLUMINISENSI  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  SEBAGAI DOSIMETER PERORANGAN DAN LINGKUNGAN.** Pengembangan dosimeter TL (termoluminisensi) perorangan dan lingkungan menggunakan bahan fosfor  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  serbuk bentuk dosimeter TL gelas kapiler dan disk teflon telah dilakukan. Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  serbuk yang digunakan mampu mencatat dosis kurang dari 0,01 mGy. Fading dosimeter TL  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  gelas kapiler setelah hari ke 29 sebesar 25%. Dalam 1 batch pembuatan serbuk  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  diperoleh 2 kelompok dosimeter gelas kapiler dengan koefisien variasi kurang dari 10%. Perbedaan ini disebabkan dalam pembuatan dan pembacaan dosimeter TL. Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  disk teflon dengan diameter 5 mm dan ketebalan 0,8 mm merupakan campuran homogen antara serbuk  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  diameter 80 – 150 mesh dengan serbuk teflon diameter 20  $\mu\text{m}$ . Komposisi  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  dan teflon pada dosimeter TL mempengaruhi sensitivitas dari dosimeter. Disimpulkan bahwa untuk memperoleh sensitivitas optimal dosimeter TL, komposisi  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  dan teflon adalah 3 dan 1 dengan tekanan 700 MPa.

Kata kunci : dosimeter termoluminisensi,  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ , dosimeter personal, dosimeter lingkungan.

### ABSTRACT

**DEVELOPMENT OF THERMOLUMINESCENCE DOSIMETER  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  AS PERSONAL AND ENVIRONMENTAL DOSIMETERS.** Development of personal and environmental dosimeters using material phosphor of  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  powder in form capillary glass and disc teflon thermoluminescence (TL) dosimeter have been done. TL dosimeter  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  powder used can record dose response less than 0.01 mGy. Fading of TL dosimeter capillary glass after 29 days is 25%. In 1 batch, making of  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  powder can obtain 2 groups of dosimeter capillaries with coefficient variance smaller than 10%. This discrepancy caused difference in powder making and reading of the TL dosimeter. TL dosimeter  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  teflon disc with dia. 5 mm and 0.8 mm thickness is homogeneous mixture between phosphor powder with dia. 80 to 150 mesh and teflon powder dia. 20  $\mu\text{m}$ . The composition of  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  and teflon in TL dosimeter influence sensitivity of the dosimeter. It's concluded that in order to obtain optimal sensitivity of TL dosimeter, the composition of  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  and teflon is 3 and 1 with pressured of disc in 700MPa.

Keywords : TL dosimeter,  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$ , personal dosimeter, environmental dosimeter.

### PENDAHULUAN

Bahan fosfor TL (*thermoluminescence*) yang digunakan sebagai dosimeter banyak yang memiliki tanggapan dosis linier dan kemampuan rentang dosis yang lebar. Meskipun tingkat presisi dan kedapat-ulangan dosimeter TL sangat bergantung pada bahan fosfor TL, namun dosimeter TL masih memberikan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan dengan dosimeter film, sehingga pemakaian dosimeter TL untuk menggantikan posisi dosimeter film semakin meningkat. Bahan fosfor TL yang digunakan sebagai dosimeter tersebut berbeda-beda, salah satu diantaranya yang cukup sensitif dan memiliki tingkat kestabilan dalam menyimpan informasi dosis serta karakteristik-karakteristik lainnya yang cukup baik adalah fosfor  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  <sup>[1]</sup>. Dari penelitian dan pembuatan fosfor  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  berbentuk serbuk yang dilakukan oleh Abubakar dkk <sup>[2]</sup>, diperoleh hasil bahwa fosfor  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  memiliki karakteristik dengan keseragaman tanggapan dan kedapat-ulangan secara berurutan adalah 2,20 % dan 2,27 %. Kebergantungan

energi pada rentang 40-80 keV adalah 17,60 % dan 5,90 % pada energi 80-1250 keV. Sementara itu, pengaruh cahaya matahari dan kelembaban adalah 8,50 % dan 0,39 % <sup>[2,3,4]</sup>.

Pemakaian dosimeter TL untuk memantau dosis radiasi perorangan, lingkungan telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Beberapa pertimbangan, diantaranya adalah karena dosimeter TL lebih sederhana dalam operasional dan dapat digunakan sampai 100 kali <sup>[1]</sup>, serta mampu mencatat dosis dengan rentang antara  $10^{-2}$  mGy sampai  $10^2$  Gy. Kebutuhan dosimeter TL untuk keperluan pemantauan dosis tersebut masih bergantung pada produksi luar negeri atau masih diimpor, sehingga perlu dilakukan pengembangan untuk mengurangi kebergantungan terhadap produk impor.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan dan tuntutan akan kebutuhan dosimeter TL serta meningkatkan mutu dan memperluas aplikasinya, dilakukan pengembangan terhadap dosimeter TL  $\text{CaSO}_4\text{:Dy}$  serbuk buatan PTKMR (dulu PSPKR). Pengembangan dilakukan pada bentuk fisik dosimeter

TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk menjadi dosimeter TL gelas kapiler dan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon, sehingga dosimeter TL tersebut dapat menjadi lebih praktis dan berdaya guna dalam pemantauan dosis perorangan.

## TATA KERJA

### Bahan dan peralatan

Dalam 1 *batch* pembuatan 10 gram fosfor *calcium sulfate dihydrate* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dibutuhkan 54,46 mg *dysprosium (III) oxide* ( $\text{Dy}_2\text{O}_3$ ) sebagai aktivator. Fosfor  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  yang diaduk sampai merata dengan  $\text{Dy}_2\text{O}_3$  dimasukkan ke dalam labu gelas didih, dan ditambahkan asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Kemudian labu gelas didih digabungkan dengan rangkaian proses destilasi yang terdiri dari tabung gas  $\text{N}_2$ , tabung gelas destilasi, gelas Erlenmeyer dan lain-lain, serta termometer untuk pengontrol temperatur dan air mengalir sebagai pendingin. Labu gelas didih dipanaskan secara perlahan-lahan sampai suhu  $300^\circ\text{C}$  menggunakan *heating mantle*. Proses berlangsung selama beberapa jam dalam sistem tertutup sampai terjadi proses kristalisasi  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ . Kristal fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  harus dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan sisa-sisa sulfat yang masih tersisa lalu dikeringkan dalam *oven* pada temperatur  $110^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Setelah kering, kristal fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  digerus/ditumbuk, serbuk diayak menggunakan ayakan mesh 80 dan 150 untuk mendapatkan ukuran butir serbuk fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  sesuai dengan kebutuhan.

Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk berukuran 80-150 mesh yang telah diketahui karakteristiknya, dimasukkan ke dalam gelas kapiler ukuran  $\varnothing_{\text{luar}} 1,55 \pm 0,05$  mm  $\varnothing_{\text{dalam}} 1,15 \pm 0,05$  mm panjang  $10 \pm 0,1$  mm. Proses untuk menghasilkan dosimeter gelas kapiler dilakukan dengan cara yang sederhana. Sebelum memasukkan serbuk dosimeter TL, salah satu sisi ujung gelas kapiler dibakar dengan api bunsen. Kemudian dilanjutkan dengan membakar ujung sisi lainnya setelah serbuk dimasukkan berdasarkan ketinggian serbuk dalam gelas kapiler.

Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk dengan dan tanpa menggunakan teflon diameter 20  $\mu\text{m}$  merupakan penelitian lanjutan dari dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk 80-150 mesh. Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk dibuat dengan cara kompaksi menggunakan mesin *press* mekanik yang terdiri dari penekan atas dan bawah dalam satu lubang cetakan. Setiap sampel dengan berat 36 mg  $\pm 10\%$  dicetak menggunakan cetakan metal silinder diameter 5 mm. Proses pencetakan dilakukan dengan memberikan tekanan secara perlahan-lahan sampai sekitar 700 MPa dan bertahan selama  $\pm 1$  menit. Dosimeter TL yang tercetak dan berbentuk *disk* masih berupa kompak mentah dengan ikatan serbuk yang rendah. Selanjutnya, untuk mendapatkan kekuatan ikatan yang

optimal harus dilakukan proses sinter dengan memasukkan ke dalam *furnace*. Proses sintering untuk dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  dilakukan dengan memberikan temperatur  $1000^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Kemudian dilakukan proses pendinginan sampai mencapai suhu ruangan.

Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon, dibuat dengan campuran serbuk fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  diameter 80-150 mesh dan  $> 200$  mesh dengan serbuk teflon diameter 20  $\mu\text{m}$ . Proses pencampuran dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk dengan serbuk teflon dilakukan untuk 4 variasi dengan perbandingan berat 1:1, 2:1, 3:1 dan 4:1. Campuran yang telah diaduk merata, ditimbang dengan berat 50 mg dan dimasukkan ke dalam cetakan metal silinder diameter 5 mm untuk di-*press* dengan memberikan tekanan secara perlahan-lahan sampai sekitar 500 dan 700 MPa. Setelah bertahan pada tekanan tersebut selama  $\pm 1$  menit, dosimeter dikeluarkan dan dilakukan proses sinter pada suhu  $300^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Dosimeter TL dengan perbandingan campuran yang sama juga di-*press* dengan tekanan 700 MPa.

Peralatan yang digunakan selama penelitian karakteristik dosimetri terdiri atas *TLD-Reader Harshaw* model 2000A dan 2000B dengan tegangan tabung *photomultiplier* diatur pada 617 volt sehingga kepekaan yang diharapkan menjadi 169 nC/detik, sinyal TL diintegrasikan selama 30 detik dan temperatur  $250^\circ\text{C}$  serta laju pemanasan rata-rata diatur pada  $7^\circ\text{C}/\text{detik}$ . Pembacaan intensitas TL dilakukan dengan mengalirkan gas  $\text{N}_2$  untuk memperkecil sinyal TL yang berasal dari radiasi bukan pion.

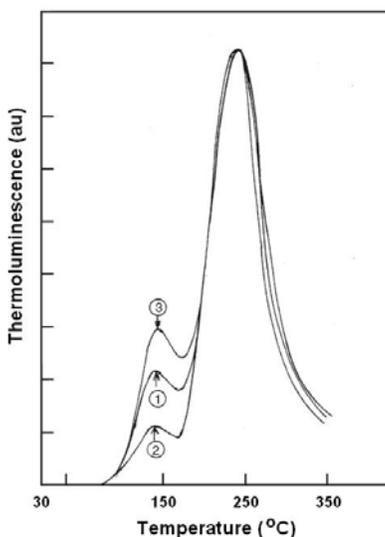
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Fosfor kalsium sulfat dengan *aktivator dysprosium* ( $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ ) yang memiliki kepekaan tinggi dan pemudaran yang kecil merupakan hasil penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh Abubakar R., dkk.<sup>[2,4]</sup> Dalam meneliti karakteristik fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk dibuat dengan metode pemanasan perlahan-lahan, digunakan *TLD reader Harshaw* model 2000A dan 2000B yang dialirkan gas  $\text{N}_2$ . Dari penelitian, diperoleh dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk yang mampu mencatat dosis kurang dari 0,01 mGy dengan persentase deviasi standar karakteristik lainnya lebih kecil dari kriteria yang ditetapkan oleh ANSI.

Pada penelitian lanjutan, dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk dikembangkan menjadi dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  gelas kapiler yang lebih praktis dan berdaya guna. Agar diperoleh dosimeter yang memiliki kemampuan optimal, maka penelitian karakterisasi dosimetri yang meliputi kepekaan, dosis ambang, tanggapan dosis, pemudaran, dan kedapat-*ulangan* dosimeter TL gelas kapiler harus dilakukan.

Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk dimasukkan ke dalam gelas kapiler  $\varnothing_{\text{luar}} 1,55 \pm 0,05$  mm  $\varnothing_{\text{dalam}} 1,15 \pm 0,05$  mm dan panjang 10 mm, dengan metoda

yang sangat sederhana. Setiap satu *batch* pembuatan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk dengan diameter 80-150 mesh menghasilkan 9-10 gram. Dalam penelitian ini, 1 *batch* pembuatan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk, hanya menghasilkan 254 dari 331 dosimeter TL gelas kapiler yang bisa digunakan untuk penelitian. Dari jumlah tersebut, dilakukan pengelompokan berdasarkan tanggapan dosis dengan koefisien variasi (%K)  $\leq 10\%$ . Hasil pengelompokan adalah 151 dosimeter TL untuk kelompok 1 dan 103 dosimeter TL untuk kelompok 2. Untuk mendapatkan dosimeter TL gelas kapiler dalam jumlah yang lebih banyak, harus dilakukan beberapa kali *batch* pembuatan dosimeter TL serbuk. Tanggapan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  gelas kapiler dalam 1 *batch* pembuatan terdapat perbedaan, hal ini juga dapat terjadi dalam beberapa kali *batch* pembuatan. Dari penelitian yang dilakukan oleh A.K. Bakshi<sup>[5]</sup>, terdapat perbedaan tanggapan untuk setiap *batch* pembuatan dosimeter TL serbuk. Rentang sensitivitas TL relatif dan perbandingan tinggi puncak tanggapan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  diperoleh 0,73-1,05 dan 1,40-11,45 secara berurutan.



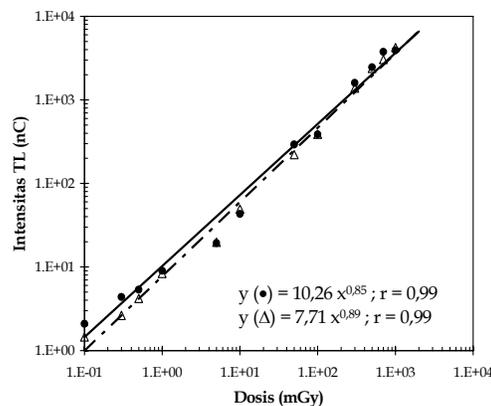
Gambar 1. *Glow curves* fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  dengan diameter serbuk 75 – 100  $\mu\text{m}$  (1), > 200  $\mu\text{m}$  (2) dan < 75  $\mu\text{m}$  (3)<sup>[5]</sup>.

Pada gambar 1, tanggapan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  dalam *batch* pembuatan yang sama dengan ukuran butiran serbuk yang berbeda. Dengan melakukan *pre-annealing* pada temperatur 100 °C selama 10 menit atau penundaan pembacaan setelah penyinaran selama 1 hari, maka puncak pertama dapat dihilangkan<sup>[1]</sup>.

Gambar 2 merupakan tanggapan dari 2 kelompok dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  dengan koefisien variasi kurang dari 10%. Dosimeter diradiasi dengan sumber <sup>60</sup>Co sebesar 0,1; 0,3; 0,5; 1,5; 1; 5; 10; 50; 100; 300; 500; 700; dan 1000 mGy. Sebelum

penyinaran, setiap dosimeter TL baik dari kelompok 1 maupun kelompok 2 mendapatkan perlakuan yang sama. Begitu juga dengan perlakuan yang sama pada saat melakukan penyinaran dan setelah proses penyinaran selesai. Penyimpangan tanggapan dosimeter TL pada kelompok yang sama yang terlihat pada kurva dapat terjadi karena posisi dosimeter yang tidak tepat pada planset. Planset yang digunakan dalam pembacaan dosimeter TL gelas kapiler, bukan planset bawaan dari *TLD-Reader Harshaw* model 2000A akan tetapi merupakan hasil modifikasi, sehingga berbagai kemungkinan kesalahan pada saat pembacaan dapat terjadi. Di samping panas yang diterima dosimeter dalam proses pembacaan tidak merata, adanya perbedaan berat serbuk dosimeter TL dalam setiap gelas kapiler juga dapat menjadi indikasi ketidak seragaman bacaan. Dari hasil bacaan yang dibuat menjadi kurva dosis terhadap intensitas TL, diperoleh persamaan regresi dosimeter TL gelas kapiler adalah  $y = 10,26x^{0,85}$  untuk kelompok 1 dan  $y = 7,71x^{0,39}$  untuk kelompok 2, sedangkan koefisien korelasinya adalah 0,99.

Kestabilan dosimeter TL dalam menyimpan informasi dosis, dapat diketahui dari *fading* (pemudaran) yang terjadi selama masa penyimpanan setelah dosimeter menerima paparan radiasi. Penyimpanan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  gelas kapiler dilakukan selama 1-33 hari setelah penyinaran menggunakan sumber standar <sup>137</sup>Cs dengan dosis 100 mGy. Pada hari penyimpanan ke-26, dosimeter TL mengalami *fading* sebesar 31% dan setelah hari ke-29 turun menjadi hanya 25%. Kedapat-ulangan rata-rata dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  gelas kapiler diperoleh sebesar 6,65 % dan ini berada di atas kedapat-ulangan dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  serbuk yang hanya hanya 2,27%<sup>[2]</sup>.



Gambar 2. Tanggapan dosis dari dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  gelas kapiler (● : kelompok 1 dan Δ : kelompok 2).

Dibandingkan dengan bentuk fisik dosimeter TL Panasonic gelas kapiler yang ada di pasaran, pengembangan dosimeter TL buatan PTKMR lebih lanjut masih perlu dilakukan. Dosimeter TL Panasonic

(UD-136N dan UD-137N) yang dipasok oleh *Matsushita Denki Co.Ltd.* berukuran  $\varnothing 2 \times 12$  mm<sup>[7]</sup>. Dan alat baca yang digunakan adalah *Kyokko TLD Reader 1300* buatan *Dai Nippon Toryo Co.Ltd* yang khusus dibuat untuk pembacaan dosimeter gelas kapiler. Kesulitan dalam memperoleh gelas kapiler berukuran  $\varnothing_{luar}$  2 mm dan  $\varnothing_{dalam}$  1,6 mm, merupakan rintangan yang cukup sulit diatasi untuk pengembangan dosimeter TL gelas kapiler.

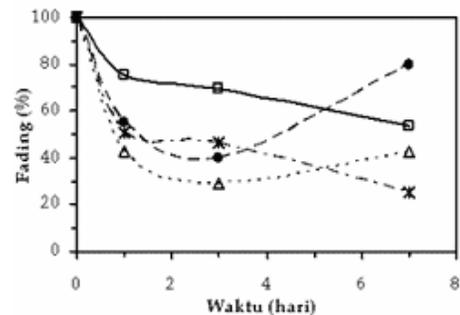
Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk dengan dan tanpa teflon merupakan pengembangan dari dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ . Meskipun bahan fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  telah diketahui memiliki sensitivitas TL (luas *glow curve* per mg) yang sangat tinggi sebagai dosimeter personal dan lingkungan, namun ada kemungkinan terjadi perubahan sensitivitas TL dalam proses preparasi serbuk dosimeter TL ke bentuk pelet yang di-sinter<sup>[8]</sup>. Berdasarkan data DTA (*Differential Thermal Analysis*), dekomposisi  $\text{CaSO}_4$  (*anhydrite*) pada temperatur antara 1000 °C dan 1200 °C dapat menimbulkan fasa-fasa baru<sup>[9]</sup>. Dari penelitian yang dilakukan oleh Apriantoro<sup>[10]</sup> menggunakan spektrum XRF, diketahui bahwa fraksi berat dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  dalam bentuk serbuk dan bentuk pelet yang diperlakukan sintering sampai temperatur 1000 °C tidak mengalami perubahan yang signifikan, yaitu 99,79 wt% dan 99,84 wt% secara berurutan. Dari data ini dapat diindikasikan bahwa dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk relatif homogen terhadap bentuk serbuk sampai temperatur sintering mencapai 1000 °C. Hasil ini diperkuat dengan hasil XRD untuk fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  yang menyatakan bahwa tidak ada perubahan signifikan yang terjadi akibat perlakuan panas<sup>[11]</sup>.

Tabel 1. Sensitivitas dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon dengan variasi perbandingan berat.

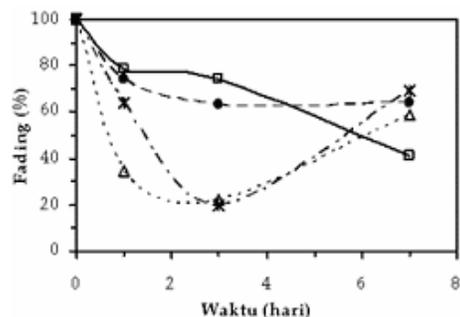
Perbandingan berat	Tekanan (MPa)	Sensitivitas ( $10^{-2}$ nC/mRad.mg)	
		> 200 mesh	80 – 150 mesh
1 : 1	500	$10,53 \pm 1,34$	$37,43 \pm 8,07$
	700	$10,49 \pm 4,58$	$27,36 \pm 2,79$
2 : 1	500	$14,72 \pm 9,10$	$32,52 \pm 4,51$
	700	$10,24 \pm 2,84$	$31,88 \pm 2,45$
3 : 1	500	$7,68 \pm 5,86$	$26,77 \pm 8,02$
	700	$7,52 \pm 3,69$	$20,13 \pm 7,15$
4 : 1	500	$9,75 \pm 4,62$	$39,62 \pm 5,46$
	700	$4,02 \pm 0,57$	$21,63 \pm 1,91$

Dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon dengan diameter 5 mm dan ketebalan 0,8 mm merupakan campuran yang homogen antara serbuk fosfor berukuran 80-150 mesh dengan teflon diameter 20  $\mu\text{m}$ . Pencampuran homogen juga dilakukan untuk fosfor serbuk > 200 mesh dengan teflon. Masing-masing dibuat dalam 4 variasi dengan perbandingan berat 1:1, 2:1, 3:1 dan 4:1, dan setiap variasinya terdiri dari 3 buah dosimeter TL. Tekanan yang diberikan

pada proses kompaksi adalah 500 MPa dan 700 MPa. Dengan perlakuan yang sama untuk setiap dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon dan pemberian dosis sebesar 20 mRad, diperoleh sensitivitas dosimeter TL seperti terlihat pada tabel 1. Pada tabel ini, dapat dilihat hasil bacaan setiap variasi dosimeter TL sangat beragam yang tercermin dari besarnya deviasi standar. Semakin besar deviasi tersebut, berarti perbandingan antara serbuk fosfor  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  dengan teflon kurang baik. Dosimeter TL yang baik tidak hanya ditentukan dari perbandingan ini, akan tetapi diperlukan karakteristik lainnya yang meliputi *fading*, kedapat-ulangan, dll. Sensitivitas dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon dengan ukuran butir serbuk 80-150 mesh lebih sensitif dari butir serbuk yang lebih halus. Penelitian Lakshmanan<sup>[12]</sup> menyatakan bahwa ukuran butiran fosfor dosimeter TL sangat mempengaruhi sensitivitas TL. Semakin halus butiran serbuk dosimeter TL, diperkirakan jumlah unsur Dy sebagai aktivator tidak optimal dalam paduan kristal fosfor  $\text{CaSO}_4$ . Dalam penelitian sebelumnya oleh Abubakar, dkk.<sup>[1]</sup>, diperoleh konsentrasi optimum Dy sebesar 0,3 %, dan konsentrasi ini sangat berpengaruh terhadap sensitivitas TL<sup>[12]</sup>.



a. Dosimeter TL dipres dengan tekanan 500 MPa.



b. Dosimeter TL dipres dengan tekanan 700 MPa.

Gambar 3. *Fading* dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon dengan diameter serbuk 80-150 mesh [serbuk : teflon adalah 1:1 (----), 2:1 (- - -), 3:1 (- -) dan 4:1 (—)].

Gambar 3 (a dan b) merupakan *fading* yang dialami dosimeter TL  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  disk teflon berukuran serbuk 80-150 mesh. Pada komposisi berat antara serbuk fosfor dengan teflon, 3 berbanding 1, dan tekanan 700 MPa diperoleh hasil yang menunjukkan

adanya kenaikan kurva yang relatif lebih baik dari perbandingan komposisi yang lain.

Dosimeter TL serbuk dalam setiap *batch* pembuatan memiliki karakteristik dosimetri yang sama dan tidak sama untuk *batch* pembuatan yang berbeda. Karakteristik menjadi tidak sama setelah dosimeter TL CaSO<sub>4</sub>:Dy *disk* teflon mengalami perlakuan yang berbeda untuk mendapatkan jenis dosimeter yang berbeda. Keterbatasan jumlah serbuk setiap *batch* pembuatan perlu diatasi untuk mendapatkan karakteristik optimum dari dosimeter TL CaSO<sub>4</sub>:Dy *disk* teflon.

## KESIMPULAN

Dosimeter TL CaSO<sub>4</sub>:Dy *disk* teflon yang dihasilkan memiliki diameter 5 mm dan ketebalan 0,8 mm ± 10%. Temperatur sintering yang diberikan pada fosfor hingga mencapai 1000 °C tidak membuat dosimeter TL mengalami perubahan yang signifikan pada struktur fosfor, sehingga tidak mempengaruhi sensitivitas TL. Sensitivitas fosfor TL dapat dipengaruhi oleh ukuran diameter serbuk dan komposisi aktivator Dy, sedangkan untuk dosimeter TL *disk* teflon perbandingan komposisi berat antara serbuk fosfor 3 dan teflon 1 dengan pemberian tekanan pada saat cetakan 700 MPa diperoleh sensitivitas yang lebih baik dari perbandingan yang lain.

Setiap *batch* pembuatan dosimeter TL dengan karakteristik dosimetri yang sama hanya menghasilkan 9-10 gram dosimeter serbuk. Dengan tingginya faktor kegagalan dalam pembuatan dosimeter *disk* teflon, maka diperlukan serbuk fosfor dengan karakteristik dosimetri yang sama dalam jumlah banyak. Sebagai tindak lanjut, diperlukan penelitian yang dapat mengatasi kendala ini salah satunya adalah metoda *solid to solid solution*.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ABUBAKAR R., KUSUMAWATI, D.D., YULIATI, H., DAN SUYATI, Optimasi konsentrasi aktivator dysprosium dalam pembuatan fosfor CaSO<sub>4</sub>:Dy, Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan, PSPKR-BATAN, pp. 95-100, Jakarta (1994).
2. ABUBAKAR R., Meneliti karakteristik fisis CaSO<sub>4</sub>:Dy pemantauan radiasi lingkungan, PSPKR/DOS/LAP/14/90, (1990).
3. ABUBAKAR R., UNTUNG S., OBERHOFER, M., Li<sub>2</sub>Bi<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Mn and CaSO<sub>4</sub>:Dy preparations at PSPKR BATAN Indonesia, and their dosimetric properties, Radiat. Prot. Dosim. Vol 33 (1/4), pp. 95-98 (1990)
4. ABUBAKAR R., DYAH D.K., HELFI Y., DAN SUYATI, Kepekaan dosimeter TL CaSO<sub>4</sub>:Dy pada radiasi alfa, beta dan gamma dengan variasi konsentrasi dysprosium, Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan V, PSPKR-BATAN, Jakarta (1997).
5. BAKSHI, A. K. AND PRADHAN, A. S., Batch to batch variation in the TL glow peaks and sensitivity in the production of CaSO<sub>4</sub>:Dy TLD phosphor, Radiat. Prot. Dosim. Vol. 107 (4), pp. 281-285 (2003).
6. SOFYAN, H., DYAH D. K., HELFI Y., SUYATI DAN ABUBAKAR R., Pengembangan dosimeter termoluminisensi CaSO<sub>4</sub>:Dy berbentuk gelas kapiler, Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan VI, PSPKR-BATAN (1998).
7. ANONIM, Data technique of national thermoluminescence dosimeter, Matsu-shita denki Co.Ltd, 1982.
8. YANG, J.S., KIM, D.Y., KIM, J.L., LEE, J.I., KIM, B.W., CHANG, S.Y., PARK, J.W., Development of phosphorus-compound CaSO<sub>4</sub>:Dy (KCT-300) TL pellets, J. Korean Nuclear Society Vol. 34 (2), pp. 142-145 (2002).
9. HURST, H.J., CHATFIELD, S.P., SAZBY, J.D., AND PATERSON, J.H., Application of Differential Thermal Analysis (DTA) to coal ash characterization and ash fusion testing, ACARP, CSIRO Energy Technology, Project Number C5058 (1997).
10. APRIANTORO, N.H., Pengaruh temperatur sinter terhadap linieritas dan stabilitas material termoluminisensi CaSO<sub>4</sub>:Dy, Tesis Pascasarjana, FMIPA - UI (2003).
11. BAKHSI, A.K., PRADHAN, A.S., TYAGI, A.K., KHER, R.K., AND BHATT, B.C., Correlation of phase transition with the change in TL characteristic in CaSO<sub>4</sub>:Dy phosphor-effect of thermal treatment, Radiat. Prot. Dosim. Vol. 119 (1-4), pp. 139-142 (2006).
12. LAKSHMANAN, A.R., SHINDE, S.S., BHATT, R.C., AND SUPE, S.J., Grain size and Dy concentration effects in thermoluminescent CaSO<sub>4</sub>:Dy, Radiat. Prot. Dosim. Vol. 22 (3), pp. 173-177 (1988).

## TANYA JAWAB

### Pramudita Anggraita

- Berapa TLD yang dihasilkan untuk setiap batch?
- Langkah apa yang ditempuh untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna?
- Bagaimana datanya sehingga dalam abstrak dituliskan TLD yang dibuat lebih baik dari TLD buatan Harshaw?

### Hasnel Sofyan

- Pembuatan TLD dengan diameter serbuk 80-150 mesh dapat menghasilkan ± 100 TLD setiap batch.

- Langkah yang ditempuh diantaranya adalah koordinasi dengan pihak-pihak yang berkompeten seperti PSJMN untuk sertifikasi, PTNBR dan PTBIN.
- Yang dimaksudkan adalah untuk dosimeter lingkungan TLD buatan PTKMR lebih baik dan memenuhi standar ANSI. Data-datanya sebagai berikut :

•	•	• ANSI
• Keseragaman tanggapan	• 2,2 %	• $\pm 15$ %
• Kedapatulangan	• 2,27 %	• $\pm 5$ %
• Pengaruh lingkungan	• 8,5 %	• $\leq 10$ %
• Pengaruh kelembaban	• 0,39 %	• $\leq 10$ %
• Ketergantungan energi	• 40-80 keV : 17,6 %	•
•	• 80-1250 keV : 5,9 %	• 30-80 keV $\leq 200$ keV
•	•	• 80-3000 keV : 20 %