

ISSN : 2477-0345

PROSIDING
Seminar Nasional Keselamatan,
Kesehatan, Lingkungan dan
Pengembangan Teknologi Nuklir I

Tema:
"Peranan Litbang Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi
dalam Pemanfaatan Iptek Nuklir untuk Kesejahteraan"

Kawasan Nuklir Pasar Jumat - Jakarta
25 Agustus 2015

Diselenggarakan oleh:

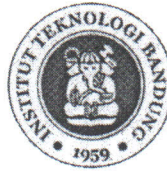


batan

PTKMR-BATAN



KEMENKES-RI



Dep. Fisika - ITB



FKM - UI

PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
JAKARTA

Diterbitkan pada
Nopember 2015

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas karunia yang diberikan kepada Panitia Penyelenggara, sehingga dapat diselesaikannya penyusunan Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, Lingkungan dan Pengembangan Teknologi Nuklir I dengan tema **“Peranan Litbang Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi dalam Pemanfaatan Iptek Nuklir untuk Kesejahteraan**, pada bulan Nopember 2015.

Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, Lingkungan dan Pengembangan Teknologi Nuklir kali ini dihadiri oleh 3 (tiga) pembicara tamu yaitu Mr. S. Somanesan dari Senior Principal Radiation Physicist, Departement of Nuclear Medicine & PET, Singapura General Hospital, Prince Jackson, Ph.D dari Diagnostic Imaging Physicist, Peter MacCallum Cancer Center, dan Dr. Rer. Nat. Freddy Haryanto dari Fisika, Institut Teknologi Bandung. Sebanyak 23 makalah dipresentasikan dalam Sidang Paralel dan 25 makalah dalam sidang Poster. Berdasarkan hasil presentasi dan kriteria penilaian Tim Editor, makalah yang dapat diterbitkan sebanyak 46 makalah yang terdiri dari Kelompok Keselamatan 25 makalah, Kesehatan 13 makalah dan Lingkungan 8 makalah.

Dalam menyelenggarakan seminar ini Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - BATAN bekerjasama dengan Kementerian Kesehatan RI, Departemen Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung dan Fakultas Kesehatan Masyarakat - Universitas Indonesia.

Semoga penerbitan Prosiding ini bermanfaat sebagai media untuk menyebarluaskan hasil-hasil penelitian dan pengembangan di bidang keselamatan, kesehatan, lingkungan dan pengembangan teknologi nuklir serta sebagai bahan acuan dan informasi dalam melakukan kegiatan pengembangan dan peneilitian di bidang keselamatan, kesehatan dan lingkungan.

Kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Prosiding ini, kami mengucapkan terima kasih.

Jakarta, Nopember 2015

Panitia Penyelenggara
dan Tim Editor

SAMBUTAN

KEPALA PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Salam sejahtera bagi kita semua.

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, saya menyambut gembira atas penerbitan Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan, Lingkungan dan Pengembangan Teknologi Nuklir I oleh Tim Editor dan Panitia Penyelenggara.

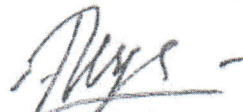
Melalui penerbitan ini, saya berharap Prosiding ini dapat dengan mudah dipahami oleh para pemerhati iptek nuklir di bidang teknologi keselamatan dan metrologi radiasi. Selain itu, saya juga berharap agar tulisan dan kajian ilmiah dalam Prosiding ini, yang merupakan output (luaran) dari para pejabat fungsional di BATAN dan pemerhati masalah keselamatan, kesehatan, lingkungan dalam pengembangan teknologi nuklir ini dapat menjadi acuan bagi para mahasiswa, guru, dosen, dan pembimbing, dan ilmuwan di luar BATAN, sehingga output kegiatan BATAN ini dapat dimanfaatkan dan dirasakan oleh masyarakat.

Akhirnya, saya berharap bahwa keberadaan Prosiding ini tidak sebatas memperkaya khasanah pengetahuan kita, namun juga dapat menjadi pedoman bagi PTKMR untuk mewujudkan visi BATAN, Unggul di Tingkat Regional. Untuk itu, saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Tim Editor dan Panitia Penyelenggara yang telah mencurahkan tenaga dan pikirannya, serta kepada seluruh pihak yang telah mendukung penerbitan Prosiding ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jakarta, Nopember 2015

Kepala PTKMR,


Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc.

**SUSUNAN TIM PENGARAH DAN EDITOR
SEMINAR NASIONAL
KESELAMATAN, KESEHATAN, LINGKUNGAN DAN
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI NUKLIR**

SUSUNAN TIM PENGARAH

Ketua :

Dr, Ir. Ferhat Aziz, M.Sc.

(Deputi Bidang Sains dan Aplikasi Teknologi Nuklir)

Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc.

(Kepala PTKMR – BATAN)

SUSUNAN TIM EDITOR DAN PENILAI MAKALAH

Ketua :

Drs. Mukhlis Akhadi, APU. (BATAN)

Wakil Ketua :

Drs. Bunawas, APU. (BATAN)

Anggota :

Drs. Nurman Rajagukguk (BATAN)

Dr. Mukh Syaifudin (BATAN)

dr. Fadil Nazir, Sp.KN. (BATAN)

Dr. Eko Pudjadi (BATAN)

Dra. Rini Heroe Oetami, MT. (BATAN)

Prof. Fatma Lestari, Ph.D (FKM-UI)

Dr. Rer. Nat. Freddy Haryanto (ITB-Bandung)

dr. Gani Witono, Sp. Rad. (KEMENKES-RI)

PANITIA PENYELENGGARA

Ketua : Wiwin Mailana, M.Farm., **Wakil Ketua :** Fendinugroho, S.ST., **Sekretaris :** Dian Puji Raharti, A.Md., **Bendahara :** Kristina Dwi Purwanti, **Seksi Persidangan:** Setyo Rini, SE., Wahyudi, S.ST., Teja Kisananto, A.Md., Viria Agesti Suvifan, Indri Trisianti, **Seksi Perlengkapan dan Dokumentasi :** Eka Djatnika Nugraha, A.Md., Prasetya Widodo, A.Md., Itong Mulyana, **Seksi Konsumsi :** Helfi Yuliati, A.Md., Eni Suswantini, A.Md. (SK. Kepala BATAN No. 67/KA/III/2015 tanggal 4 Maret 2015).

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
SAMBUTAN KEPALA PTKMR BATAN	ii
SUSUNAN TIM PENGARAH DAN EDITOR	iii
DAFTAR ISI	iv

Makalah Pleno

1. <i>Radiation Safety issues in Nuclear Medicine</i>	A-1
Mr. S Somanesan (Senior Principal Radiation Physicist, Dept. of Nuclear Medicine & PET, Singapore General Hospital)	
2. <i>Future Directions in Computation of Personalised Radiation Dosimetry</i>	B-1
Price Jackson, Ph.D (Diagnostic Imaging Physicist, Peter MacCallum Cancer Centre)	
3. <i>Monte Carlo Simulation for Dose Assessment in Radiotherapy and Radiodiagnostic</i>	C-1
Dr. Rer. Nat. Freddy Haryanto (Departemen Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Bandung)	

Makalah Kelompok Keselamatan

1. Penentuan Spektrum Neutron di Fasilitas Kalibrasi PTKMR Menggunakan <i>Bonner Sphere Spectrometer</i>	1
Rasito T., Bunawas, J.R. Dumais, dan Fendinugroho	
2. Metode Kalibrasi Dosis Ekuivalen Perorangan, <i>Hp(10)</i> Dengan Pengukuran Langsung Berkas Radiasi Cs-137 Menggunakan Detektor Standar Sekunder Dosis Ekuivalen Perorangan	9
Fendinugroho dan Nurman Rajagukguk	
3. Pengembangan Kriteria Standar Desain Bungkusan Zat Radioaktif Dalam Mendukung Pengawasan Kegiatan Pengangkutan Zat Radioaktif	15
Nanang Triagung Edi Hermawan	
4. Penentuan Parameter Dosimetri Awal Tiga Buah Pesawat Teleterapi Co-60 Gamma Beam 100-80 <i>External Beam Therapy System</i>	23
Nurman Rajagukguk dan Assef Firnando Firmansyah	
5. Metode Ekstrapolasi Efisiensi Untuk Penentuan Aktivitas Radionuklida Lu-177	30
Hermawan Candra, Gatot Wurdianto, Holnizar	

6.	Tanggapan Surveimeter Neutron Terhadap Spektrum Campuran Energi Neutron	40
	Moch. Adnan Kashougi, Johan A.E Noor, Bunawas	
7.	Penentuan Efisiensi <i>Whole Body Counter (WBC) Dual Probe</i> NaI(Tl) Pada Lima Kelompok Umur	47
	Intan Permata Putri, Chomsin S. Widodo, Bunawas	
8.	Pemantauan Radiasi Neutron dan Gamma di Fasilitas <i>Cyclotron</i> Selama Produksi Fluor-18	53
	Rosa Dian Teguh Pratiwi, Chomsin S. Widodo, Bunawas	
9.	Perancangan Sistem Otomasi Pengukuran Tebal Bahan Berbasis Arduino	60
	Nugroho Tri Sanyoto	
10.	Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir	70
	Farida Tusafariah, Rr. Djarwanti RPS., Suhaedi Muhammad, Gloria Doloressa	
11.	Kinerja Keselamatan dan Umpan Balik Pengalaman Operasi untuk Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka	78
	Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti, RPS, Farida Tusafariah	
12.	Pengaruh Suhu Sintesis Terhadap Respon Thermoluminesensi CaSO ₄	83
	Nunung Nuraeni, Dewi Kartikasari, Kri Yudi P.S., Eri Hiswara, Freddy Haryanto, dan Abdul Waris	
13.	Pembuatan <i>Thermoluminescence Dosimeter (TLD)</i> Serbuk CaSO ₄ : Tm Sebagai Proses Awal Produksi Disimeter Personal	89
	Mentari Firdha KP, Sutanto, Hasnel Sofyan, Eka Djatnika	
14.	Analisis Keselamatan Radiasi Fasilitas Ruang Kontener Co-60 dan Pesawat Sinar-X pada Laboratorium Kalibrasi PTKMR-BATAN Kantor Pusat	95
	Wijono dan Assef Firnando Firmansyah	
15.	Validasi Hasil Penentuan Dosis Tara Perorangan, Hp(10), untuk Sumber Radiasi Gamma Cs-137 di Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder (LDSS) PTKMR-BATAN	102
	C Tuti Budiantari dan Assef Firnando Firmansyah	
16.	Perkiraan Dosis dan Distribusi Fluks Cepat dengan Simulasi Monte Carlo MCNPX pada Fantom Saat Terapi Linac 15 MV	107
	Azizah, Abdurrouf, Bunawas	
17.	Pengujian Kurva Kalibrasi Neutron Dosimeter Perorangan TLD Harshaw pada Radiasi Campuran Gamma dan Neutron	113
	Arini Saadati, Chomsin S. Widodo, Nazaroh	

18	Perkiraan Dosis Ekuivalen Neutron Termal pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV Fatimah Kunti Hentihu, Johan A.E. Noor, Bunawas	124
19	Respon Film Gafchromic XR-QA2 Terhadap Radiasi Sumber Beta Sr-90, Kr-85, dan Pm-147 Nurul Hidayah, Chomsin S. Widodo, Bunawas	130
20	Respon Thermoluminescent Dosimeter BARC Terhadap Medan Radiasi Campuran Beta Gamma Riza Rahma, Chomsin S. Widodo, Nazaroh	137
21	Perkiraan Laju Dosis Neutron Termal dan Epitermal di Fasilitas Kalibrasi Alat Ukur Radiasi Neutron PTKMR-BATAN dengan Aktivitasi Keping Indium Nur Khasanah, Chomsin S. Widodo, Bunawas	143
22	Penentuan Dosis Serap Air Berkas Elektron Energi Nomonal 6 MeV Menggunakan Fantom "Air Padat" RW3 dan Fantom Air Sri Inang Sunaryati dan Nurman Rajagukguk	149
23	Perkiraan Distribusi Dosis Ekuivalen Foton Pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV Dengan Target Abdomen Adiar Febriantoko, Johan A.E. Noor, Hasnel Sofyan	156
24	Penentuan Dosis Fotoneutron Pada Pasien Terapi Linac 15 MV Menggunakan TLD-600H dan TLD-100H Muhammad Ibadurrohman, Johan A.E. Noor, Hasnel Sofyan	161
25	Penentuan Calibration Setting Dose Calibrator Capintec CRC-7BT Untuk F-18 Sarjono, Eko Pramono, Holnisar, Gatot Wurdianto	167

Makalah Kelompok Kesehatan

1.	Faktor Koreksi Solid Water Phantom terhadap Water Phantom pada Dosimetri Absolut Berkas Elektron Pesawat Linac Robert Janssen Stevenly, Wahyu Setia Budi dan Choirul Anam	172
2.	Reduksi Noise pada Citra CT Scan Hasil Rekonstruksi Metode Filtered Back-Projection (FBP) menggunakan Filter Wiener dan Median Choirul Anam, Freddy Haryanto, Rena Widita, Idam Arif, Geoff Dougherty	179
3.	γ -H2AX dan Potensinya untuk Biomarker Prediksi Toksisitas Radiasi pada Radioterapi Iin Kurnia, Yanti Lusiyanti	188
4.	Perbandingan Kepadatan Parasit dan Eritrosit pada Dua Strain Mencit Pasca Infeksi <i>Plasmodium berghei</i> Stadium Eritrositik Iradiasi Teja Kisnanto, Darlina, Septiana, Tur Rahardjo, dan Siti Nurhayati	195

5.	Daya Infeksi <i>Plasmodium berghei</i> Iradiasi Fraksinasi Dengan Laju Dosis Tinggi Pada Sel Darah Mencit	205
	Siti Nurhayati, Hartati Mahmudah dan Mukh Syaifudin	
6.	Perkiraan Dosis Ekuivalen Neutron Epithermal Pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV	215
	Nur Weni, Johan A. E. Noor, Bunawas	
7.	Perkiraan Dosis Ekuivalen Neutron Cepat Pada Pasien Radioterapi Linac 15 MV	221
	Dyah Fathonah Septiani, Johan A. E. Noor, Bunawas	
8.	Penentuan Kadar Hormon Insulin Teknik Dengan Teknik <i>Immunoradiometric assay</i> dan Gula Darah Pada Sampel Darah Terduga <i>Diabetes Melitus</i>	229
	Kristina Dwi Purwanti, Fadil Nazir, Wiwin Mailana, Sri Insani Wahyu W	
9.	Penilaian Kadar hC-Peptide dan Gula Darah Sewaktu pada Pasien Terduga <i>Diabetes Melitus</i>	238
	Sri Insani WW, Fadil Nazir, Wiwin Mailana, dan Kristina Dwi P	
10.	Studi Efek Radiasi Akibat Paparan Medik	246
	Yanti Lusiyanti dan Darlina	
11.	Pemeriksaan <i>Prostatic Acid Phosphatase (PAP)</i> dan <i>Prostate Specific Antigen (PSA)</i> Sebagai Penanda Metastasis pada Pasien Kanker Prostat	258
	Wiwin Mailana, Kristina Dwi Purwanti, Sri Insani WW, Prasetya Widodo	
12.	Respon Interferon Gamma Terhadap <i>Plasmodium falciparum</i> Radiasi pada Kultur Sel Limfosit Manusia	265
	Darlina dan Siti Nurhayati	
13.	Pengaruh Adjuvant Addavax Terhadap Histopatologi Hati dan Limpa Mencit Pasca Imunisasi Berulang dan Uji Tantang dengan <i>Plasmodium berghei</i> Iradiasi Gamma Stadium Eritrositik	273
	Tur Rahardjo, Siti Nurhayati, dan Dwi Ramadhani	

Makalah Kelompok Lingkungan

1.	Kajian terhadap Pelaksanaan Pemantauan Tingkat Radiasi Daerah Kerja di Fasilitas Radiasi PTKMR-BATAN	282
	B.Y. Eko Budi Jumpeno dan Eagnes Ekaranti	
2.	Studi Awal Kurva Kalibrasi untuk Biodosimetri Dosis Tinggi dengan Teknik <i>Premature Chromosome Condensation (PCC)</i>	290
	Sofiati Purnami, Yanti Lusiyanti dan Dwi Ramadhani	
3.	Penentuan radioaktivitas ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{232}Th , ^{238}U dan ^{40}K dalam Bahan Pangan di Desa Botteng, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat	297
	Ceiga Nuzulia Sofyaningtyas, Eko Pujadi, Wahyudi, Elistina	

4.	Pengembangan Sistem Pemantauan ^{137}Cs di Tanah dengan Metode Monitor Mobile (Carborne Monitoring) dalam Mode Statis dan Dinamis	303
	Pramudya Ainul Fathonah, Chomsin S. Widodo, Syarbaini	
5.	Faktor Transfer Cs-137 dari Tanah ke Terong (<i>Solanum melongena</i>)	309
	Leli Nirwani dan Wahyudi	
6.	Laju Dosis dan Tingkat Radioaktivitas ^{40}K , ^{226}Ra dan ^{232}Th dalam Sampel Tanah di Pulau Kundur- Provinsi Kepulauan Riau	315
	Wahyudi, Muji Wiyono, Kusdiana dan Dadong Iskandar	
7.	Pemantauan Radioaktivitas Dalam Air Hujan Periode 2014	325
	Leli Nirwani, R Buchari, Wahyudi dan Muji Wiyono	
8.	Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Zebrafish (<i>Danio rerio</i>) Stadium Larva	333
	Fatihah Dinul Qoyyimah, Yorianta Sasaerila, Tur Rahardjo, Devita Tetriana	

PENGARUH SUHU SINTESIS TERHADAP RESPON TERMOLUMINESENSI CaSO₄

Nunung Nuraeni^{1,2}, Dewi Kartikasari¹, Kri Yudi P.S¹., Eri Hiswara¹, Freddy Haryanto², dan
Abdul Waris²

¹Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

²Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung

Email: nunung.213009@gmail.com

ABSTRAK

PENGARUH SUHU SINTESIS TERHADAP RESPON TERMOLUMINESENSI CaSO₄. Telah dilakukan pengamatan respon termoluminesensi dari CaSO₄:Dy dan CaSO₄:Tm dengan variasi suhu sintesis. CaSO₄:Dy dan CaSO₄:Tm dihasilkan melalui metode presipitasi dan ditambahkan dengan PTFE dan SiO₂ sebagai matriksnya. Intensitas termoluminesensi untuk CaSO₄:Dy dengan matriks PTFE pada suhu 400 °C, 600 °C dan 700°C adalah sebesar 33,10 nC; 336,89 nC; dan 1191,11 nC. Sedangkan untuk CaSO₄:Tm diperoleh intensitas sebesar 23,08 nC; 596,93 nC; dan 1236,38 nC. Namun jika menggunakan matriks SiO₂, Intensitas termoluminesensi untuk CaSO₄:Dy pada suhu 400 °C, 600 °C dan 700°C adalah sebesar 9,41 nC; 5,32 nC; dan 13,93 nC. Sedangkan untuk CaSO₄:Tm diperoleh intensitas sebesar 6,70 nC; 5,77 nC; dan 12,62 nC. Intensitas termoluminesensi CaSO₄:Dy dan CaSO₄:Tm tanpa penambahan matriks pada suhu 700 °C sebesar 75,15 nC dan 66 nC. Terlihat ada kenaikan intensitas termoluminesensi yang cukup signifikan pada CaSO₄:Dy dan CaSO₄:Tm yang ditambahkan PTFE sebagai matriksnya.

Kata kunci : TLD, termoluminesensi, CaSO₄

ABSTRACT

EFFECT OF TEMPERATURE SYNTHESIS TO RESPONSE TERMOLUMINESENSI CaSO₄. Observed of CaSO₄:Dy and CaSO₄:Tm thermoluminescence response to the synthesis temperature variations have been done. CaSO₄:Dy and CaSO₄:Tm generated through precipitation method and are added to PTFE and SiO₂ as the matrix. Thermoluminescence intensity for CaSO₄:Dy with PTFE matrix at a temperature of 400 °C, 600 °C and 700 °C is 33.10 nC; 336.89 nC; and 1191.11 nC. As for CaSO₄:Tm obtained an intensity of 23.08 nC; 596.93; and 1236.38 nC. But if we used SiO₂ as matrix, thermoluminescence intensity for CaSO₄:Dy at a temperature of 400 °C, 600 °C and 700 °C is equal to 9.41 nC; 5.32 nC; and 13.93 nC. As for CaSO₄:Tm obtained an intensity of 6.70 nC; 5.77 nC; and 12.62 nC. Thermoluminescence intensity CaSO₄:Dy and CaSO₄:Tm without the addition of a matrix at a temperature of 700 °C are 75.15 nC and 66 nC. It shows that a significant increasing in thermoluminescence intensity in CaSO₄:Dy and CaSO₄:Tm added PTFE as a matrix.

Key words: TLD, thermoluminescence, CaSO₄

I. PENDAHULUAN

Paparan kerja sumber radiasi eksterna dapat terjadi sebagai akibat berbagai kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir, antara lain tahapan daur bahan bakar nuklir, penggunaan zat radioaktif dan atau sumber radiasi lainnya di bidang kesehatan, penelitian ilmiah, pertanian, industri, dan pekerjaan yang menggunakan radionuklida alam dengan konsentrasi cukup tinggi. Berkaitan dengan kegiatan tersebut, Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan dan Kesehatan terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion mengatur bahwa setiap pekerja radiasi untuk memakai peralatan pemantau dosis perorangan, sesuai dengan jenis instalasi dan sumber radiasi yang digunakan [1, 2].

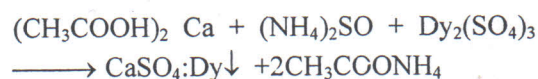
Penggunaan TLD sebagai dosimeter radiasi telah banyak digunakan sebagai monitor radiasi perorangan maupun pengukuran dosis radiasi secara *in vivo*. Dalam bidang radiodiagnostik TLD digunakan untuk melakukan pemantauan dosis radiasi pasien radiodiagnostik yang secara regular akan dilaporkan ke WHO dan akan dipublikasikan pada laporan *United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)* [3]. Dosis radiodiagnostik yang diperoleh dijadikan database data dosis pasien Indonesia yang akan dijadikan *Dose Reference Level (DRL)* di Indonesia sebagai nilai panduan dosis dalam kegiatan radiodiagnostik [4]. Dalam bidang radioterapi TLD digunakan dalam dosimetri *in vivo* pada pasien (baik digunakan pada kegiatan jaminan kualitas rutin atau untuk pemantauan dosis dalam kasus khusus, misalnya pada kasus dengan geometri rumit, dosis untuk organ kritis, *total body irradiation* (TBI), brakiterapi; verifikasi teknik pengobatan; audit dosimetri oleh IAEA dan WHO pada program audit dosis menggunakan TLD pos; dan interkomparasi antara rumah sakit [5] [6]. TLD digunakan

pula untuk aplikasi dosimetri lingkungan. Namun, kriteria kinerja untuk TLD dalam aplikasi ini berbeda dari yang dibutuhkan untuk pemantauan personal. Radiasi alam memiliki nilai yang cukup rendah oleh karena itu TLD yang digunakan perlu memiliki sensitivitas yang tinggi dan tidak harus terbuat dari material yang *tissue equivalent*.

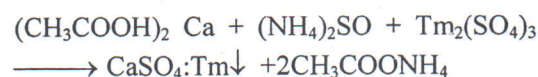
Metode sintesis TLD telah berkembang seiring dengan perkembangan teknologi pembuatan material. Dalam mendesain sebuah material termoluminesensi, mekanisme eksitasi yang berubah menjadi cahaya merupakan salah satu faktor yang penting untuk diperhitungkan. Metode dalam preparasi merupakan hal yang sangat penting karena dapat mengendalikan sifat akhir dari bahan. metode yang umum digunakan untuk mensintesis TLD yaitu presipitasi, evaporasi, Czochralski, *Zonemelting*, presipitasi dari larutan atau fase cair, *Chemical Vapour Deposition (CVD)*, *spraypyrolysis* dan *sol-gel*. Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis TLD CaSO_4 dengan menggunakan doping Dysprosium dan Thullium.

II. METODE

Sintesis TLD CaSO_4 dilakukan dengan menggunakan metode presipitasi dengan mengikuti reaksi sebagai berikut :



dan



Doping yang digunakan yaitu Dy dan Tm sebanyak 0,1 mol%. Kalsium asetat dan dysprosium/ thullium sulfat dilarutkan dalam aquabides. Kemudian dicampurkan dengan larutan amonium sulfat dalam pelarut etanol. Endapan yang dihasilkan kemudian dicuci dan dikeringkan di dalam oven. Setelah kering, TLD diannealing pada suhu 650 °C

selama 1 jam di dalam furnace. TLD CaSO_4 ini kemudian divariasikan dengan penambahan matriks SiO_2 dan PTFE dan divariasikan pula suhu sinteringnya pada suhu 400°C , 600°C , dan 700°C . Perbandingan massa TLD dan matriks yang digunakan yaitu 2:3. Selanjutnya diamati respon termoluminesensinya menggunakan TLD Reader Harshaw 3500 dengan suhu maksimum 260°C setelah diberikan radiasi dari sumber Sr-90 [7, 8].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, TLD $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ dan $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ yang dihasilkan dalam bentuk serbuk. Pada penggunaan sehari-hari, bentuk serbuk kurang praktis untuk digunakan, Oleh karena itu digunakan sebuah matriks untuk menjadikan serbuk TLD ini dibentuk menjadi sebuah padatan. Pada penelitian ini digunakan PTFE dan SiO_2 yang sudah lazim digunakan sebagai matriks. TLD yang dihasilkan dicampurkan dengan matriks dengan perbandingan TLD dan matriks 2:3 yang dicampur merata, kemudian dilakukan

sintering dengan beberapa variasi suhu kemudian diamati respon termoluminesensinya. Dari hasil penelitian diperoleh hasil respon termoluminesensi sebagai berikut

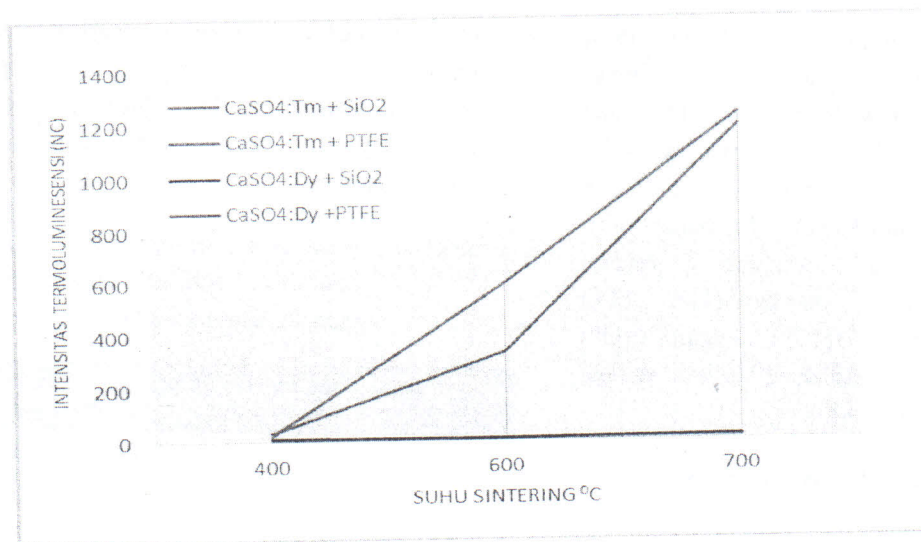
Tabel 1. Respon termoluminesensi matriks dan TLD sebelum ditambahkan matriks dan dilakukan sintering

Material	Bacaan 1 (nC)	Bacaan 2 (nC)	Bacaan total (nC)
$\text{CaSO}_4:\text{Tm}$	66.96	2.385	64.575
	69.27	3.207	66.063
$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$	63.56	2.174	61.386
	55.03	2.353	52.677

TLD yang dihasilkan kemudian ditambahkan matriks SiO_2 dan PTFE dengan perbandingan massa TLD dan matriks sebesar 2:3. Setelah dilakukan sintering pada suhu 400°C , 600°C dan 700°C , TLD tersebut diirradiasi untuk diketahui respon termoluminesensinya. Berikut respon termoluminesensi untuk TLD yang divariasikan matriks dan suhu sinteringnya.

Tabel 2. Respon termoluminesensi $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ dan $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$

Matriks		SiO_2			PTFE		
Suhu $^\circ\text{C}$	Material	Bacaan 1 (nC)	Bacaan 2 (nC)	Bacaan total (nC)	Bacaan 1 (nC)	Bacaan 2 (nC)	Bacaan total (nC)
400	$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$	17,19	7,067	10,12	40,31	7,66	32,65
		19,19	10,497	8,69	40,32	11,77	33,55
	$\text{CaSO}_4:\text{Tm}$	10,02	3,632	6,38	32,5	8,594	23,91
		14,25	7,242	7,01	35,8	13,53	22,27
600	$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$	33,74	30,31	3,43	392,69	8,89	383,80
		42,60	35,39	7,21	315,00	25,02	289,98
	$\text{CaSO}_4:\text{Tm}$	38,05	31,45	6,60	606,20	9,27	596,93
		30,82	25,88	4,94			
700	$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$	44,47	29,15	15,15	1080	23,47	1056,53
		41,37	28,67	12,70	1350	24,31	1325,69
	$\text{CaSO}_4:\text{Tm}$	34,16	19,96	14,20	1323	10,99	1312,01
		27,79	16,74	11,04	1180	19,25	1160,75



Gambar 1. Grafik respon termoluminesensi CaSO₄:Dy dan CaSO₄:Tm yang diberi matriks SiO₂ dan PTFE

Dari Gambar 1 terlihat bahwa respon termoluminesensi CaSO₄:Dy dan CaSO₄:Tm menghasilkan intensitas tertinggi pada suhu 700°C dengan matriks PTFE. Namun pada TLD yang menggunakan matriks SiO₂ respon termoluminesensinya sangat kecil. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh titik leleh SiO₂ yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan PTFE. SiO₂ memiliki titik leleh pada suhu 1713 °C sedangkan PTFE memiliki titik leleh pada suhu 326,8°C. Oleh karena itu, pada suhu 700°C pada TLD dengan matriks SiO₂ belum terjadi reaksi yang baik.

Sebaliknya bila digunakan matriks PTFE, ada suhu 700°C diperoleh hasil yang lebih baik daripada tidak diberi matriks.

Setelah dilakukan pengamatan pada TLD yang telah ditambahkan matriks, dilakukan pula pengamatan respon termoluminesensi untuk masing-masing material. Pengamatan dilakukan pada suhu sintering 700°C. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah material TLD dan matriks yang digunakan memiliki sifat termoluminesensi yang baik. Berikut adalah respon termoluminesensi dari material-material tersebut.

Tabel 3. Perbandingan respon termoluminesensi CaSO₄, PTFE dan SiO₂ setelah sintering pada suhu 700°C

Material	Bacaan 1 (nC)	Bacaan 2 (nC)	Bacaan total (nC)
CaSO ₄ :Tm	70.43	7.077	63.35
	78.96	10.31	68.65
CaSO ₄ :Dy	88.21	14.28	73.93
	94.14	17.77	76.37
PTFE	8.692	4.578	4.11
	8.479	5.618	2.86
SiO ₂	17.36	11.91	5.45
	17.72	9.622	8.09

Tabel 4. Respon termoluminesensi dengan matriks PTFE

Suhu °C	Material	Bacaan 1 (nC)	Bacaan 2 (nC)	Bacaan total (nC)
800	CaSO ₄ :Tm	485.80	13.01	472.79
		483.10	3.49	479.61
	CaSO ₄ :Dy	303.50	9.10	294.50
		363.00	17.72	345.28
900	CaSO ₄ :Tm	1200.00	14.37	1185.63
		1138.00	7.41	1130.59
	CaSO ₄ :Dy	426.40	10.5	405.90
		370.90	6.29	364.60

Respon termoluminesensi CaSO₄:Dy dan CaSO₄:Tm tidak mengalami perubahan yang signifikan setelah dilakukan sintering. Tetapi setelah diberikan matriks, terlihat terjadi kenaikan intensitas termoluminesensi mencapai 15 kali lipat setelah diberikan matriks PTFE. Bahan matriks yang digunakan tidak memiliki sifat termoluminesensi yang baik. Sehingga kemungkinan kenaikan intensitas termoluminesensi dari CaSO₄ yaitu adanya reaksi antara CaSO₄ dan PTFE yang menyebabkan kenaikan sensitivitas terhadap radiasi.

Untuk mengetahui apakah pada suhu di atas 700°C masih dihasilkan intensitas yang lebih tinggi, maka dilakukan pengamatan pada suhu 800°C dan 900°C. Namun matriks yang digunakan hanya PTFE saja. Karena apabila menggunakan matriks SiO₂ diperkirakan belum diperoleh hasil yang optimal karena masih jauh dari titik lelehnya.

Terlihat untuk penggunaan suhu 800°C tidak menunjukkan kenaikan intensitas termoluminesensi. Namun pada suhu 900°C untuk CaSO₄:Tm masih menghasilkan intensitas termoluminesensi yang tinggi. Sedangkan pada CaSO₄:Dy masih sama seperti pada suhu 800°C. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik TLD pada suhu di atas 700°C.

IV. KESIMPULAN

Penambahan matriks terlihat perubahan intensitas termoluminesensi dari TLD CaSO₄ yang dihasilkan. Penggunaan matriks SiO₂ menghasilkan intensitas termoluminesensi yang lebih rendah daripada CaSO₄ yang tidak diberi matriks. CaSO₄ dengan doping Dy maupun Tm menghasilkan intensitas termoluminesensi yang paling tinggi pada suhu sintering 700°C dengan penambahan matriks PTFE. Sedangkan pada suhu di atas 700°C belum terlihat hasil yang menunjukkan kecenderungan menghasilkan intensitas yang lebih tinggi dari intensitas pada suhu 700°C.

DAFTAR PUSTAKA

1. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tentang Keselamatan dan Kesehatan Terhadap Pemanfaatan Radiasi Pencil, Jakarta: Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 136, 2007.
2. Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Surat Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No.02-P/Ka-BAPETEN/I-03, tentang Sistem Pelayanan Pemantauan Dosis Eksterna Perorangan Jakarta: BAPETEN, 2003.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, "Source and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly with Scientific

- Annexes," United Nations Publications,
New York, 2010.
4. International Atomic Energy Agency,
"Basic Safety Series 115," IAEA,
Vienna, 1996.
 5. F. M. Khan, *The Physics of Radiation
Therapy*, Baltimore, MD: Lippincott,
Williams and Wilkins, 1987.
 6. T. Kron, "Thermoluminescence
Dosimeter and Its Applications in
Medicine-Part 2 : History and
Applications," *Australian Physical &
Engineering Sciences in Medicine*, vol.
18, no. 1, pp. 1-25, 1995.
 7. Numan Salah, P.D. Sahare, S.P. Lochab,
Pratik Kumar, "TL and PL Studies on
CaSO₄:Dy Nanoparticles," *Radiation
Measurement*, vol. 41, pp. 40-47, 2006.
 8. J. Roman, J. Azorín, T. Rivera,
"Thermoluminescent Properties of
CaSO₄:Dy Prepared by Precipitation
Method," in *XI INTERNATIONAL
SYMPOSIUM AND XXI NATIONAL
CONGRESS ON SOLID STATE
DOSIMETRY*, Hermosillo, Son., Mexico,
Sept. 28th to Oct. 2nd, 2009
 9. F. Attix, *Introduction to Radiological
Physics and Radiation Dosimetry*, New
York: Willey, 1986
 10. J. Azorin, "Preparation Methods of
Thermoluminescent Materials for
Dosimetric Application: An Overview,"
Applied Radiation and Isotopes, vol. 83,
pp. 187-191, 2014.
 11. Yamashita, T., Nada, N., Onishi, H.,
Kitamura, S, "Calcium sulfate activated
by thulium or dysprosium for
thermoluminescence dosimetry," *Health
Phys.*, vol. 21, no. 2, pp. 295-300, 1971.