

## REKAYASA BAHAN PENDAR UNTUK PENCITRAAN BERBASIS KOMPOSIT POLIMER SINTILATOR ANORGANIK

Sri Mulyono Atmojo<sup>1</sup> dan Jadigia Ginting<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN)-BATAN  
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN  
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang

### ABSTRAK

**REKAYASA BAHAN PENDAR UNTUK PENCITRAAN BERBASIS KOMPOSIT POLIMER SINTILATOR ANORGANIK.** Telah dilakukan pembuatan bahan pendar untuk pencitraan, berbasis komposit polimer sintilator anorganik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kemungkinan film optis digunakan sebagai alat ukur paparan radiasi sinar-X. Sampel dibuat dari film optis hitam-putih BW ASA 100, yang dipotong sesuai ukuran film dosimeter. Kemudian film dimasukkan ke dalam amplop kedap cahaya, yang di dalamnya diberi film pendar. Film pendar ini dibuat dari larutan PMMA dan SAN, yang dicampur masing-masing dengan zat pendar ZnS, NaI, dan CdS. Berat ZnS dalam film pendar adalah 50 mg, 125 mg, 250 mg, 500 mg, dan 1000 mg. Sedangkan berat NaI dan CdS dalam film pendar masing-masing adalah 100 mg, 500 mg dan 1000 mg. Selanjutnya sampel bersama satu film dosimeter dan satu film optis kosong diiradiasi dengan sinar-X pada tegangan operasi 50 kVolt selama 1 detik. Film dan sampel diproses bersama di dalam *developer*, dan dikeringkan dalam suhu kamar. Setelah film kering, diukur densitas optisnya dengan menggunakan *densitometer*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai densitas optis sampel dengan zat pendar ZnS 50 mg, 125 mg, 250 mg, 500 mg dan 1000 mg, masing-masing mempunyai densitas optis sebesar 2,17, 2,24, 2,18, 2,19, dan 2,11. Sampel dengan zat pendar NaI 100 mg, 500 mg dan 1000 mg, masing-masing mempunyai densitas optis sebesar 2,05, 2,07, dan 2,03. Sampel dengan zat pendar CdS 100 mg, 500 mg dan 1000 mg, masing-masing mempunyai densitas optis sebesar 2,27, 2,17, dan 2,20. Sedangkan film dosimeter dan film optis hitam putih tanpa zat pendar, masing-masing mempunyai densitas optis sebesar 3,86 dan 0,99. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa zat pendar dapat menaikkan densitas optis sekitar dua kali dari film optis hitam putih ASA 100, sehingga film ini dapat digunakan untuk film dosimeter, namun nilai ini masih lebih rendah dibanding densitas optis film dosimeter.

**Kata kunci :** Komposit polimer, Sintilator anorganik

### ABSTRACT

**MANUFACTURING OF SCINTILLATION MATERIAL FOR IMAGING BASE ON INORGANIC SCINTILLATION POLYMER COMPOSITE.** The manufacturing of scintillation material for imaging, base on inorganic scintillation polymer composite have been carried out. The aim of this experiment is to investigate that the optic film can be used for measuring the radiation dose. The black-white optic film ASA 100 was cut to appropriate size of dosimeter film, and then put into the light impermeable envelope together with scintillation material. The scintillation material was made of a composite of PMMA and SAN as matrix materials and ZnS, NaI, or CdS as scintillation filler. The compositions of scintillation materials were 5, 125, 250, 500, and 1000 mgr for ZnS, and 100, 500, and 1000 mgr for NaI and CdS. Furthermore, all samples and one dosimeter film, and one optic film were irradiated by 50 kvolt X-ray for one second. Film and samples were then processed together in the developer solvent, and it was dried at the ambient temperature. Measurement of their optical density showed that the ZnS samples with 50, 125, 250, 500, and 1000 mgr compositions have optical density grade of 2.17, 2.24, 2.18, 2.19, and 2.11, respectively. NaI scintillation samples of 100, 500, and 1000 mgr compositions have optical density grade of 2.05, 2.07, and 2.03, respectively. While CdS scintillation samples have optical density grade of 3.86 and 0.99 respectively. Conclusion of this experiment is the scintillation material could increase optical density grade up to twice from optical density of black-white film ASA 100, so the film could be used as dosimeter, but their optical density grade are less than of the optical density of dosimeter film.

**Key words :** Polymer composite, Inorganic scintillation

**PENDAHULUAN**

Pada kegiatan dosimetri radiasi  $\gamma$ , dipakai film dosimeter untuk mendeteksi laju dosis yang diterima oleh obyek yang diiradiasi dengan sumber radiasi  $\gamma$  tersebut. Film ini mahal dan relatif sulit didapat di pasaran dalam negeri, terutama untuk di tingkat daerah kecamatan. Sedangkan disisi lain, di daerah tersebut sudah banyak yang menggunakan pesawat sinar-X, yang tentunya akan memerlukan film dosimeter untuk sarana kelengkapan Keselamatan Kerja Radiasi Nuklir. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang mungkin akan lebih efisien dapat digunakan film optis biasa dengan dilapisi bahan pendar.

Bahan ini dikemas dengan suatu polimer yang dapat mawadahi bahan pendar tersebut dalam bentuk lapisan film tipis. Bahan pendar yang dipelajari adalah ZnS, NaI, dan CdS, dengan berbagai komposisi, dan sebagai bahan matrik komposit digunakan PMMA, akrilo-nitril, dan campuran keduanya. Bahan matriks ini dipilih karena mempunyai beberapa keunggulan antara lain: film yang diperoleh relatif bening, mudah dicetak, agak lentur/tidak getas, *bias recovery* dan kompatibel [1].

Radiasi  $\gamma$  yang datang mengenai komposit tersebut, akan mengeksitasi ZnS, NaI, atau CdS, yang digunakan sebagai media pendar. Ketika bahan media pendar tersebut kembali ke keadaan dasar (*ground state*), akan melepaskan foton cahaya dengan panjang gelombang antara 325 nm hingga 525 nm [2]. Foton cahaya ini akan mengenai film optis hitam-putih dengan ASA 100, yang digunakan sebagai media pencitraan. Kehitaman film yang terjadi disebut densitas optis film, dan akan identik dengan nilai laju dosis yang diterima oleh obyek yang diiradiasi.

**TEORI**

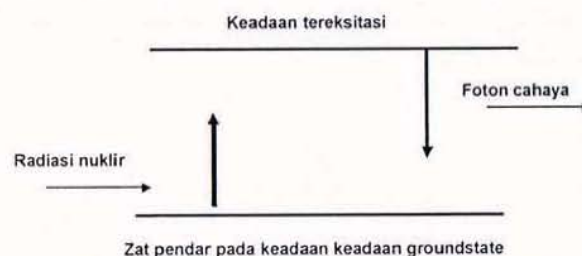
Pada kegiatan dosimetri menggunakan radiasi nuklir (dalam hal ini radiasi gamma atau sinar-X), memerlukan suatu bahan pencitraan berupa film dengan spesifikasi tertentu. Biasanya film yang digunakan untuk pengukuran laju dosis adalah film dosimeter. Radiasi gamma ( $\gamma$ ) atau sinar-X ketika mengenai film ini, akan meninggalkan jejak pada permukaan film. Setelah diproses dengan larutan *developer*, jejak ini akan terlihat berwarna hitam. Kehitaman film ini menunjukkan besarnya densitas optis film, dan densitas ini akan sebanding dengan nilai laju dosis yang diterima oleh film tersebut [3]. Dalam penelitian ini, akan digunakan film optis biasa yang diharapkan dapat digunakan sebagai pengganti film dosimeter. Film optis ini dipilih, karena mempunyai beberapa kelebihan, jika dibandingkan dengan film dosimetri. Tabel 1 merupakan tabel karakteristik kedua jenis film tersebut.

Untuk menghasilkan kehitaman yang cukup, digunakan bantuan bahan pendar yang terbuat dari komposit polimer sintilator anorganik. Polimer yang

Tabel 1. Karakteristik film optis dan film dosimetri [2]

Sifat	Film optis	Film dosimetri
Struktur: Ketebalan lapisan fotosensitif	15 – 20 $\mu\text{m}$	5 – 9 $\mu\text{m}$
Coating	Lapisan tunggal	Lapisan ganda
Tebal dasar	100 – 200 $\mu\text{m}$	170 – 200 $\mu\text{m}$
Backing	Tersedia	Tidak tersedia
Warna dasar	Tidak berwarna	Biru
Kinerja: sensitivitas ASA	100	60 - 80
Kekontrasan (Y)	0,7 – 0,9	2,5 – 3,0
Butiran	0,6 – 0,8 $\mu\text{m}$	2,0 – 2,3 $\mu\text{m}$
Sesitivitas warna cahaya	Semua cahaya tampak	Cahaya biru atau hijau
Resolusi	70 – 120 garis/mm	40 garis/mm
Warna perak	Abu-abu medium sampai hitam	Hitam
Pemrosesan: tipe developer	Butiran halus	Aktif
Suhu developer	20 $^{\circ}\text{C}$	20 – 35 $^{\circ}\text{C}$
Lama di dalam developer	8 -10 menit	24 detik - 5 menit
Sistem proses cepat	Tak ada	Ada

dipakai harus mudah dibentuk sebagai film tipis, dan memiliki densitas optis tertentu. Polimer yang dipilih antara lain stiren, akrilonitril, *Polimethyl Methacrilate Acid (PMMA)* dan campurannya. Sedangkan bahan pendar anorganik yang digunakan antara lain CdS (*Cadmium Sulfide*), ZnS (*Zinc Sulfide*), dan NaI (*Sodium Iodide*). Prinsip perpendaran sintilator tidak lain adalah kembalinya bahan sintilator ke keadaan semula atau *ground state*. Mekanisme perpendaran tersebut seperti terlihat pada Gambar 1 [4]. Jika suatu radiasi nuklir (misal radiasi gamma) jatuh pada zat pendar, maka energi radiasi ini dapat diserap oleh molekul zat pendar, dan energi ini akan membawa zat pendar ke keadaan tereksitasi. Keadaan tereksitasi ini tidak akan berlangsung lama, dan molekul zat pendar akan segera kembali ke keadaan semula atau keadaan *ground-state* dan akan memancarkan energi berbentuk foton cahaya dengan panjang gelombang tertentu, sesuai dengan sifat zat pendar yang digunakan. Zat pendar CdS, ZnS NaI, masing-masing akan memancarkan foton dengan panjang gelombang yang karakteristik.



Gambar 1. Proses pembentukan foton cahaya pada zat pendar [4]

Pemanfaatan polimer dimaksudkan untuk mempermudah pembuatan film tipis zat pendar, dan polimer difungsikan sebagai matrik komposit, sedangkan

media pendar berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) komposit dan pembangkit sumber cahaya bagi penyinaran film. Pemanfaatan polimer sebagai matrik komposit media pendar cukup sederhana, dan menggunakan bahan kimia yang murah. Proses pembuatan meliputi pelarutan bahan polimer dalam pelarut *acetone* dan dilanjutkan dengan pencampuran bahan pendar, kemudian dicetak dan dikeringkan. Pemilihan campuran bahan polimer *PMMA* dan stiren akrilonitril didasarkan pada sifat kelarutan dan pencetakan yang baik. Disamping itu bahan polimer ini juga mempunyai frekuensi vibrasi yang baik untuk memungkinkan terjadinya proses pendar yang dapat dideteksi. Kualitas komposit ini akan dibandingkan dengan film dosimeter yang ada dipasaran. Diharapkan hasil uji kualitas film pendar dengan komposit ini akan dapat memberikan respon yang memadai, sehingga dapat digunakan sebagai pengganti film dosimeter atau dapat digunakan sebagai pelapis bagian dalam dari suatu kaset film radiografi diagnostik.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

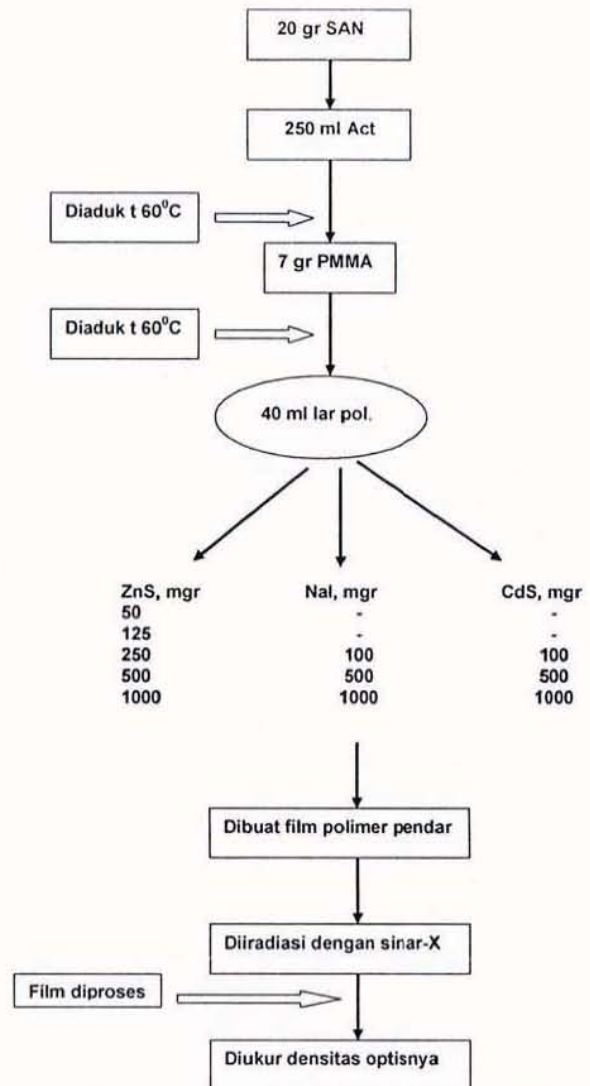
Bahan yang digunakan antara lain *Acetone*, *Cadmium Sulfide (CdS)*, *Polimethyl Methacrilate Acid (PMMA)*, *Zink sulfide (ZnS)*, *Stiren Akrilo Nitril (SAN)*, film dosimeter, *Natrium Iodide (NaI)* dan film optis BWSA 100.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi alat-alat gelas, unit peralatan proses film, timbangan, densitometer optis dan unit peralatan sinar-X.

### Cara Kerja

Dalam percobaan ini digunakan beberapa bahan kimia yang mempunyai sifat pendar seperti NaI, ZnS, dan CdS, dengan jumlah berat yang berbeda. Bahan ini dicampur dengan dua jenis polimer yaitu *PMMA* dan *SAN*. *PMMA* mula-mula dilarutkan dalam pelarut *acetone* dengan pemanasan 50 °C dan kemudian ditambahkan polimer *SAN*. Pelarutan dilanjutkan sampai semua bahan terlarut sempurna, dan kemudian dibuat film tipis dengan cara: larutan dituangkan pada *petri dish* dan larutan dikeringkan pada suhu kamar. Setelah kering film tersebut dipotong sesuai ukuran dan dilekatkan pada film optis dan film dosimetri. Selanjutnya semua film diiradiasi dengan sinar-X pada tegangan operasi 50 kVolt selama satu detik. Kemudian, film diproses bersama-sama di dalam *developer*, agar pembangkitan gambar diperoleh dalam waktu yang sama. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kesalahan pengukuran atau memperkecil kesalahan. Diagram alir proses pembuatan polimer ini ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan polimer untuk media pendar

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran densitas optis film seperti tertera pada Tabel 2. Untuk sampel dengan zat pendar ZnS, ternyata bahwa komposisi 125 mg ZnS menghasilkan densitas optis terbesar, yaitu sekitar 2,24, sedangkan untuk komposisi 50 mg, 250 mg, 500 mg dan 1000 mg ZnS, masing-masing menghasilkan densitas optis sebesar 2,17, 2,18, 2,19, dan 2,11. Sampel dengan komposisi 1000 mg ZnS mempunyai nilai paling kecil, yaitu 2,11. Hal ini mungkin disebabkan karena pada komposisi ini, komposit sudah tidak bening lagi, sehingga sulit meneruskan foton cahaya yang dihasilkan dari proses eksitasi ZnS, atau dengan perkataan lain terjadi absorpsi diri sampel terhadap foton cahaya tersebut. Jika hasil pengukuran densitas optis yang terbesar ini dibandingkan dengan densitas optis film dosimeter standar, nilainya sekitar 58%. Nilai ini masih belum memenuhi standar, tetapi nilai ini sudah lebih baik jika dibandingkan dengan nilai densitas optis film optis BW ASA 100, yaitu ada kenaikan nilai densitas optis

Tabel 2. Hasil pengukuran densitas optis sampel

Komposisi, mgr	Sampel dgn. ZnS	Komposisi, mgr	Sampel dgn. NaI	Sampel dgn. CdS
50	2,17	100	2,05	2,27
125	2,24	500	2,07	2,17
250	2,18	1000	2,03	2,20
500	2,19			
1000	2,11			

Densitas optis film dosimeter standar = 3,86, film optis BW ASA 100 = 0,99

sekitar 1,25. Dengan demikian ada pengaruh zat pendar ZnS pada kehitaman film.

Untuk sampel dengan zat pendar NaI, komposisi NaI 100 dan 500 mgr mempunyai nilai densitas optis yang hampir sama, masing-masing mempunyai nilai 2,05 dan 2,07. Nilai densitas ini juga masih dibawah nilai densitas optis film dosimeter standar, yang nilainya 3,86. Namun jika dibandingkan dengan nilai densitas optis film BW ASA 100, ada kenaikan nilai sekitar 1,08. Pengaruh zat pendar NaI pada kehitaman film, lebih kecil jika dibandingkan dengan pengaruh zat pendar ZnS.

Sampel dengan zat pendar CdS, mempunyai nilai densitas optis terbesar jika dibandingkan dengan zat pendar yang lain. Sampel dengan zat pendar CdS dengan komposisi 100 mgr, mempunyai nilai 2,27 atau sekitar 59 % dari nilai densitas optis film dosimeter standar. Nilai densitas ini masih dibawah standar, namun ada kenaikan nilai densitas optis sekitar 1,28 terhadap nilai densitas optis film BW ASA 100.

Perbedaan nilai densitas optis setiap sampel dengan zat pendar yang berbeda, mungkin disebabkan oleh gelombang cahaya foton masing-masing zat pendar. Gelombang cahaya foton ini akan mempengaruhi hasil pencahayaan pada film optis BW ASA 100, yang terkait dengan kepekaan film terhadap panjang gelombang cahaya foton. Dari Tabel 1, diperkirakan bahwa panjang gelombang cahaya foton yang berasal dari zat pendar CdS sesuai dengan kepekaan film optis BW ASA 100, sehingga nilai densitasnya cukup tinggi dibandingkan dengan densitas optis sampel dengan zat pendar yang lain.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa zat pendar ZnS, NaI, dan CdS, dapat meningkatkan densitas optis film BW ASA 100, sehingga film optis dapat digunakan sebagai film dosimeter, walaupun nilai densitas optisnya masih dibawah densitas optis film dosimetri.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. J. BRANDRUP AND E. H. IMMERGUT, Physycal Constants of Polymethyl Methacrylate, Polymer Handbook 3<sup>rd</sup> Ed/V-77, Katalog HILGER ANALYTICAL Ltd. Technical Data Flier Grade Zinc Sulphide, Westwood, Margate, Kent

- [2]. WISNU ARYA WARDHANA, Teknologi Nuklir, Proteksi Radiasi dan Aplikasinya, Penerbit Andi, Yogyakarta, (2006)
- [3]. SUWARNO WIRYOSIMIN, *Mengenal Azas Proteksi Radiasi*, Penerbit ITB, Bandung, (1995)
- [4]. ERICH KRESTEL, *Imaging Systems for Medical Diagnostics, Fundamentals and Technical Solutions X-ray Diagnostics, Computed Tomography, Nuclear Medical Diagnostics, Magnetic Resonance Imaging, Sonography, Biomagnetic Diagnostics*, Siemens Aktiengesellschaft, Berlin, (1990)
- [5]. JACK SHARPE, *Nuclear Radiation Detectors*, EMI Electronics Ltd. Hayes, Middlesex, (1964)