

**KARAKTERISASI BAHAN PERISAI RADIASI NEUTRON  
ULTRA HIGH MOLECULAR WEIGHT POLYETHYLENE  
DENGAN FILLER  $Gd_2O_3$  MENGGUNAKAN TEKNIK  
RADIOGRAFI NEUTRON**

**Enny Zarvianti<sup>1</sup>, Dian Fitriyani<sup>1</sup>, Elvaswer<sup>1</sup>, Winda Surya Bery<sup>1</sup>,  
Abu Khalid Rivai<sup>2</sup>, Mardiyanto<sup>2</sup> dan Sulistioso G.S<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Unand, Padang 25163

<sup>2</sup> Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) -BATAN,  
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314  
*email: ennyzarvianti@gmail.com*

**ABSTRAK**

Radiasi merupakan pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk energi, panas, partikel atau gelombang yang dapat diserap oleh bahan lain. Beberapa radiasi dapat mengionisasi bahan yang dilaluinya salah satunya radiasi neutron karena memiliki daya tembus yang tinggi sehingga sangat diperlukan perisai radiasi. Adapun kriteria dari perisai radiasi neutron harus memiliki kandungan hidrogen yang tinggi, memiliki nilai tampang lintang yang baik dan tidak bersifat korosi. Bahan UHMWPE (*Ultra High Molecular Weight Polyethylene*) memiliki kandungan hidrogen yang tinggi dan tidak mudah korosi dan bahan *Gadolinium oxide* ( $Gd_2O_3$ ) sangat baik menyerap neutron karena mempunyai tampang lintang serapan neutron yang tinggi. Berdasarkan hal tersebut maka dibuat komposit UHMWPE- $Gd_2O_3$  dengan tujuan dapat meningkatkan nilai serapan neutron sehingga dalam aplikasinya bisa lebih efektif untuk memperlambat bahkan menahan radiasi neutron. Telah dilakukan karakterisasi bahan perisai radiasi neutron yang dibuat sendiri dengan teknik radiografi neutron. Bahan perisai radiasi dibuat dengan bahan utama UHMWPE dan penambahan *filler Gadolinium Oxide* ( $Gd_2O_3$ ) dengan komposisi 70% : 30% massa menggunakan metode blending dan kompaksi. Bahan dibuat dengan ketebalan yang bervariasi dari 0,5 cm hingga 2 cm. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan tidak terbentuk senyawa kimia antara kedua bahan dan karakterisasi menggunakan SEM terlihat hasil distribusi unsur yang terkandung dalam *filler*  $Gd_2O_3$  merata pada bahan dasar polimer. Pengujian serapan neutron menggunakan teknik radiografi neutron dengan metode film. Dengan penambahan variasi ketebalan meningkatkan daya serap bahan dari 58,78% menjadi 67,89% dan nilai koefisien atenuasi diperoleh sebesar 1,025.

**Kata kunci:** perisai radiasi, UHMWPE,  $Gd_2O_3$ , radiografi neutron, daya serap dan koefisien atenuasi.

**1. PENDAHULUAN**

Perisai radiasi neutron merupakan suatu material yang dapat melindungi dan menahan energi radiasi neutron secara fisik terhadap suatu objek. Adapun kriteria bahan yang baik sebagai perisai neutron yaitu bahan yang memiliki kandungan hidrogen yang tinggi (Kim dkk., 2014) dan mempunyai nilai tampang lintang (*cross section*) yang tinggi (Juliani dkk., 2012). Interaksi neutron dengan bahan yang mengandung hidrogen yang baik dan tampang lintang komponen elemen atom dari bahan berpengaruh terhadap energi serapan neutron (Elmahroug dkk., 2013). Salah satu bahan yang mengandung atom hidrogen tinggi polietilen UHMWPE (*Ultra High Molecular Weight Polyethylene*).  $Gd_2O_3$  (*Gadolinium Oxide*) nilai tampang lintang serapan absorpsi yang tinggi

(Stephenson,1954) dan memiliki daya tangkapan neutron tertinggi dari semua unsur sebesar 49000 barn.

Pencampuran polimer dengan bahan *filler*  $Gd_2O_3$  dapat meningkatkan efisiensi serapan neutron pada perisai neutron (Uhm dkk., 2010). Metode pencampuran blending dan kompaksi dapat meningkatkan homogenitas *filler* pada bahan (Sudarchikov dkk., 2014) yang dibuat bahan komposit UHMWPE- $Gd_2O_3$  sebagai perisai radiasi neutron dengan metode *blending*, pemanasan dan kompaksi. Identifikasi fasa kristalin pada bahan digunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat morfologi (Xiaozhou dkk., 2010), identifikasi unsur serta sebaran *filler*  $Gd_2O_3$  dalam UHMWPE.

Komposit UHMWPE- $Gd_2O_3$  selanjutnya akan diuji fluks neutron dengan variasi ketebalan dan komposisi dengan Fasilitas Neutron Radiografi, nilai fluks neutron sebelum dan sesudah melalui Perisai diukur dengan metode film radiografi neutron. Penggunaan metode Film telah dilakukan oleh Juliani (2012) dapat menghitung daya serapan neutron pada bahan. Radiografi neutron merupakan salah satu teknik uji tak merusak yang menggunakan berkas neutron sebagai sumber penyinarannya. Berkas neutron yang digunakan untuk percobaan radiografi neutron dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti akselerator, radioisotop atau reaktor nuklir (Greim dkk., 1992).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi penambahan *filler*  $Gd_2O_3$  pada bahan dasar UHMWPE terhadap serapan neutron termal dan menghitung nilai serapan neutron sehingga dalam aplikasinya dapat lebih efektif untuk memperlambat bahkan menahan radiasi neutron.

## 2. TEORI

### Tampang Lintang

Tampang lintang neutron adalah besaran yang mendeskripsikan interaksi neutron dengan bahan. Untuk mengetahui kemampuan perisai dalam menyerap neutron dapat dicari dari koefisien atenuasi serapan atomikampang lintang mikroskopik ( ). Tampang lintang mikroskopis itu sendiri merupakan laju reaksi peratom dengan target persatuan neutron yang datang. Dariampang lintang mikroskopis bisa didapatkanampang lintang makroskopis karenaampang lintang makroskopis dapat didefinisikan total dari lintang mikroskopik, seperti pada persamaan 1) :

$$\Sigma = N\sigma_t = \frac{\rho}{A} N_A \sigma_t \quad (1)$$

Dimana  $\Sigma$ , merupakanampang lintang makroskopis  $N$  merupakan rapat atom yang dapat dihitung dari rapat massa jenis bahannya,  $\sigma_t$  merupakanampang lintang interaksi total,  $\sigma_1$  merupakanampang lintang hamburan elastis,  $\rho$  merupakan kerapatan massa materi dengan satuan  $gr/cm^3$ ,  $A$  merupakan massa atom,  $N_A$  merupakan bilangan avogadro yaitu  $6,023 \times 10^{23}$  atom/mol.

### Koefisien Atenuasi

Koefisien atenuasi merupakan melemahnya intensitas radiasi setelah melewati suatu bahan. Besaran intensitas berkas neutron yang ditransmisikan oleh bahan uji ditentukan oleh koefisien atenuasi bahan sesuai persamaan: (Domanus, 1992)

$$I = I_0 \cdot e^{-\Sigma x} \quad (2)$$

dimana,  $I$  merupakan intensitas berkas neutron sesudah melewati sampel ( $n \text{ cm}^{-2}$ ),  $I_0$  merupakan intensitas berkas neutron sebelum melewati sampel ( $n \text{ cm}^{-2}$ ),  $\mu$  merupakan koefisien absorpsi datang ( $\text{cm}^{-1}$ ) dan  $t$  merupakan tebal bahan (cm).

Daya serapnya dapat ditentukan dengan persamaan :

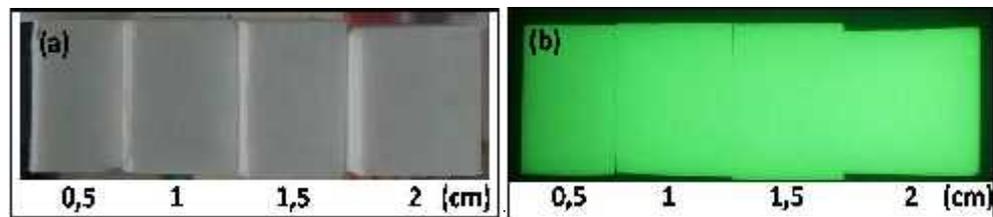
$$\text{Daya Serap} = \frac{(I_0 - I)}{I_0} \times 100 \% \quad (3)$$

### 3. METODE PERCOBAAN

Metode yang dipakai untuk melihat koefisien atenuasi bahan komposit UHMWPE-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Gambar 1 a) adalah metode radiografi neutron dengan menggunakan film. Berkas yang mengenai sampel sebagian akan ditransmisikan dan selanjutnya berkas yang ditransmisikan tersebut akan ditangkap oleh konverter dan di pantulkan yang keduanya akan tersimpan didalam kaset. Melalui interaksi neutron, konverter dan film tersebut akan dihasilkan citra radiografi yang akan terlihat setelah pemrosesan film (Gambar 1 b).

#### Bahan

UHMWPE-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan metode pencampuran menggunakan metode *blending* yang selanjutnya dipanaskan sampai *melt* dan kemudian dikompaksi di laboratorium PSTM (Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju) BATAN (Badan Tenaga Nuklit Nasional). Parameter komposisi yang dibuat dengan persentase volume Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam bahan dasar UHMWPE adalah (30:70)% massa dengan variasi parameter ketebalan yaitu 0,5; 1; 1,5 dan 2 cm .



kiri ke kanan (0,5 ; 1; 1,5; 2) cm, (b) Hasil Citra film Radiografi Neutron.

#### Cara Kerja

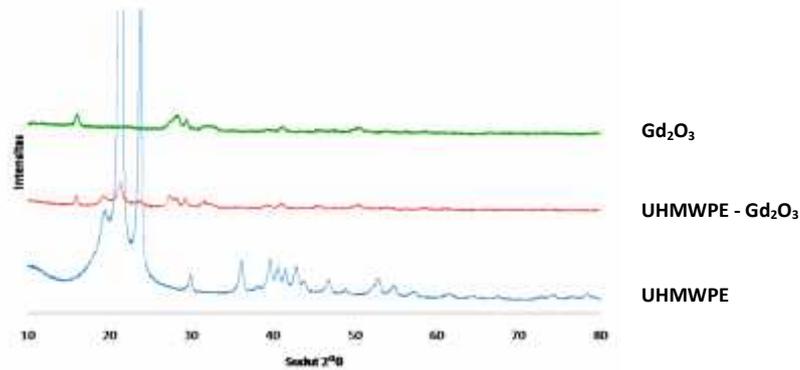
Pemasangan benda uji pada kaset yang digunakan didampingi oleh sampel standar SI, bertujuan untuk menganalisis hasilnya apakah sudah cukup memadai untuk memberikan informasi yang akan dilihat. Sampel di tempelkan pada salah satu sisi dari kaset film. Selanjutnya dilakukan penembakan dengan berkas neutron menggunakan film AGFA D3, converter gadolinium-125 dan waktu penyinaran selama 90detik kemudian dihitung intensitas neutron sebelum dan setelah melewati bahan menggunakan alat densitometer.

### 4. HASIL DAN DISKUSI

#### Karakterisasi XRD

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi XRD yang dilakukan untuk melihat mengetahui struktur fasa dari bahan dasar UHMWPE dan bahan *filler* Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk menunjukkan bahwa terjadi atau tidak terjadinya reaksi kimia antara kedua bahan tersebut pada saat proses pembuatan sampel. Hasil data XRD dari komposit UHMWPE

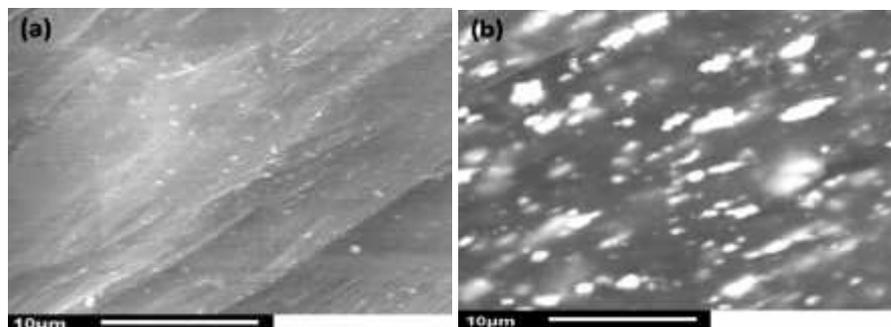
dan  $Gd_2O_3$  setelah proses pencampuran menggunakan metode *blending*, pemanasan dan kompaksi tidak menunjukkan adanya fasa baru selain milik bahan dasar UHMWPE dan  $Gd_2O_3$ . Sehingga dapat dikatakan pembuatan komposit telah berhasil dilakukan. Ikatan kimia dan sifat-sifat kedua bahan tersebut tidak berubah hal ini disebabkan proses pencampuran yang dilakukan pada bahan merupakan proses pencampuran secara mekanik. Seperti yang terlihat pada Gambar 2 penambahan 30% komposisi bahan *filler* pada bahan dasar UHMWPE hanya berpengaruh terhadap tingginya intensitas puncak dari bahan dasar UHMWPE, dengan penambahan *filler* puncak UHMWPE menurun sedangkan puncak  $Gd_2O_3$  meningkat.



Gambar 2. Perbandingan pola difraksi XRD bahan dasar UHMWPE dan  $Gd_2O_3$  dengan perisai radiasi komposit UHMWPE-  $Gd_2O_3$  30%.

### Karakterisasi SEM

Karakterisasi SEM dilakukan untuk melihat distribusi *filler*  $Gd_2O_3$  pada bahan dasar UHMWPE dan identifikasi unsur bahan dasar *filler* pada UHMWPE. Karakterisasi SEM pada penambahan *filler*  $Gd_2O_3$  30% dilakukan dengan perbesaran 2500 kali. Sampel yang digunakan berupa padatan sehingga citra morfologi sampel yang terlihat hanya pada permukaan. Hasil SEM seperti terlihat pada gambar 3(a) menunjukkan morfologi permukaan dari komposit UHMWPE- $Gd_2O_3$  30% terlihat permukaan berwarna abu-abu dan gumpalan berwarna putih. Distribusi sebaran gumpalan putih yang terdeteksi unsur bahan dasar *filler* yaitu Gd dan O distribusi sebarannya merata pada sampel seperti terlihat dari hasil EDS kandungan unsur Gd dan O pada sampel seperti terlihat pada Gambar 3 (a) dan 3 (b).



Gambar 3. Hasil karakterisasi SEM, (a) Bahan dasar UHMWPE, (b) Komposit UHMWPE- $Gd_2O_3$ .

### Pengujian Serapan Neutron.

Pengujian serapan neutron dilakukan pada fasilitas Radiografi Neutron. Pada gambar terlihat hasil citra film menunjukkan intensitas paparan radiasi neutron sebelum melewati sampel perisai ( $I_0$ ) dengan setelah melewati sampel perisai radiasi ( $I$ ). Daya serap bahan perisai dihitung menggunakan persamaan (3) sehingga didapatkan tabel berikut.

Tabel 1. Data hasil Intensitas paparan radiasi neutron pada metode film

No	Ketebalan (cm)	Intensitas					$I_{rata-rata}$	Daya Serap (%)
		$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$		
1	$I_0$	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	2,342	
2	0,5	0,96	0,96	0,97	0,95	0,97	0,962	58,78
3	1	0,85	0,85	0,86	0,85	0,85	0,852	63,62
4	1,5	0,79	0,8	0,79	0,8	0,78	0,792	66,18
5	2	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76	0,752	67,89
Koefisien Atenuasi ( $\mu$ )								1,025

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan perisai radiasi neutron termal komposit UHMWPE-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan penambahan bahan *filler* dalam UHMWPE sebanyak 20% dengan variasi ketebalan 0,5; 1; 1,5 dan 2 cm menggunakan metode *blending* dan kompaksi. Komposit tersebut terbukti dapat meningkatkan daya serap perisai radiasi neutron dari 58,78% menjadi 67,89%. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa bahan yang terbentuk adalah komposit karena tidak ada fasa baru yang bukan fasa UHMWPE dan fasa Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Serta didapatkan nilai koefisien atenuasi bahan komposit UHMWPE-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>20% adalah 1,025.

### DAFTAR PUSTAKA,

1. Domanus J.C, 1992, Practical Neutron Radiography, Commission of the European Communities Radiography Working Group, Kluwer Academic Publishers, London.
2. Elmahroug Y, Tellili B, Souga, C, Calculation of Gamma and Neutron Perisai Parameters for Some Materials Polyethylene-Based. International Journal Of Physics And Research (IJPR), Volume 3 (2013).
3. Greim, H.P., Leeflang,R., Matfield., 1992, Neutron Sources-Practical Neutron Radiography, Kluwer Academic Publishers, London.
4. Juliyani, Sutiawo, Setiawan, Kristianti, 2012, Karakterisasi Bahan Pelindung Neutron B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan Teknik Radiografi Neutron, Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan, Serpong.
5. Kim J, Lee B.C, Uhm Y.R, Miller W.H, 2014, Enhancment of Thermal Neutron Attenuation of Nano-B<sub>4</sub>C, B-N Dispersed Neutron Shielding Polymer Nanocomposites. Journal of Nuclear Material, Volume 453, Korea.
6. Pereira A.M, Odair L., 2013. Ultra High Molecular Weight Polyethylene as a Base Material for Perisai Cosmic Radiation in Aerospace Applications, Thesis, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brazil.
7. Stephenson, R., 1954, Introduction to Nuclear Engineering, McGraw Hill Book Company Inc., New York.

8. Sudarchikov, V.A, Kaloshkin, S.D, Cherdyntsev, V.V, Danilov, V.D, Dorofeev, A.A, 2014, Bronze Powder Filled Composite Materials Based on Ultra-High Molecular Polyethylene, Produced by Combined Mechanical Activation in Planetary-Type Mill, *Inorganic Materials: Applied Research*, Volume 5, Moscow.
9. Uhm, Young, Uhm., Kim, Jaewoo., Jun, Jiheon., Lee, Sol., Rhee, Chang, Kyu., 2010, Fabrication and Characterization of Micro-and Nano-Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dispersed HDPE/EPM Composites, *Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting Jeju, Korea*.
10. Xiaozhou C, Xiangxin X, Tao J, Zhefu L, Yuefeng D, Yong L, He Y, 2010, Mechanical Properties of UHMWPE/Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composite shielding Material, *Journal Of Rare Earths*, Volume 28, Elsevier, China.