

## PEMBUATAN KARET BORON UNTUK PROTEKSI RADIASI NEUTRON

Sri Mulyono Atmojo\* - Tri Harjanto\*\*

\* PSJMN - BATAN

\*\* P2PN - BATAN

### ABSTRAK

**PEMBUATAN KARET BORON UNTUK PROTEKSI RADIASI NEUTRON.** Suatu laboratorium neutron radiografi diperlukan shielding elastis yang terbuat dari karet boron. Untuk maksud tersebut dilakukan penelitian pembuatan karet boron dari karet alam fase padat dengan serbuk senyawa boron  $H_2BO_3$  dan  $Na_2B_4O_7$ . Komposisinya adalah 40 pphr (part per one hundred rubber)  $H_2BO_3$  serta 50 pphr dan 100 pphr  $Na_2B_4O_7$ . Metoda pembuatan sampel mengikuti proses pengolahan karet secara klasik. Hasil pengujian daya serap terhadap neutron termal untuk masing-masing sampel adalah 94.95 % untuk karet boron dari  $H_2BO_3$ , 80.77 % untuk karet boron  $Na_2B_4O_7$ . Hasil ini cukup baik namun sifat fisik masih perlu perbaikan.

### ABSTRACT

**BORON RUBBER AS A NEUTRON RADIATION PROTECTION MANUFACTURE.** The neutron radiography laboratory need an elastic shield which is made from a boron rubber. To solve this problem, the experiment of boron rubber manufacture was investigated. Boron rubber is made of the natural rubber solid phase and some of boron compounds. They have some composition as follow: 40 pphr  $H_2BO_3$ , 50 pphr and 100 pphr  $Na_2B_4O_7$ . The classical methode is used in the rubber processing. By this experiment show that the absorption strength of  $H_2BO_3$  natural rubber is 94.95 % the  $Na_2B_4O_7$ , natural rubber absorption strength are 80.77 % and 84.95 % This results are very good but their physics properties should have to development

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi nuklir banyak menimbulkan problema, baik dari segi pemanfaatan maupun dari segi bahaya radiasi terhadap kehidupan manusia. Oleh karenanya, untuk melindungi dan memperkecil bahaya tersebut, diusahakan membuat shielding sesuai dengan jenis paparan radiasi. Dalam bidang neutron radiografi, diperlukan bahan elastis yang mampu menyerap radiasi neutron dan dapat berfungsi pula sebagai pengarah neutron menuju sasaran.

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan bahan elastis dari karet alam fase padat dan borat sebagai bahan penyerap neutron lambat yang digunakan didalam bidang neutron radiografi. Pemrosesan karet dilakukan secara konvensional dan pengujian serapan dilakukan dengan peralatan neutron radiografi. Hasil penelitian ini diharapkan mampu mengatasi kebutuhan bahan karet boron pada laboratorium neutron radiografi.

### LATAR BELAKANG TEORI

Penyerapan neutron oleh materi tidak lain adalah interaksi neutron dengan inti-inti atom bahan penyerap. Interaksi ini menimbulkan reaksi inti yang menghasilkan peluruhan partikel alpha, beta dan gamma atau neutron pada reaksi pembelahan. Yang

terakhir ini tidak dikehendaki didalam bahan shielding, sehingga hal ini merupakan syarat suatu bahan untuk dapat digunakan sebagai bahan shielding. Sebab kalau sampai terjadi reaksi pembelahan apalagi terjadi reaksi berantai maka bahan akan menjadi aktif, sehingga berbahaya bagi lingkungan laboratorium.

Interaksi neutron dengan inti-inti atom bahan penyerap, tergantung pada tampang lintang serapan dan hamburan bahan penyerap yang merupakan fungsi dari tenaga neutron. Untuk tenaga neutron yang semakin besar, kebolehjadian berinteraksi semakin kecil, yang berarti bahwa tampang lintang serapan neutron kecil. Pada keperluan neutron radiografi, sumber neutron adalah neutron lambat dengan tenaga sebesar 0.0253 eV. Jika berkas neutron menembus materi, maka penyerapan oleh materi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\phi = \phi_0 \cdot e^{-N\sigma x} \dots \dots \dots (1)$$

- $\phi_0$  : intensitas neutron sebelum melewati materi
- $\phi$  : intensitas neutron sesudah melewati materi
- $N$  : jumlah inti bahan penyerap per unit volume
- $\sigma$  : tampang lintang mikroskopik bahan
- $x$  : tebal bahan penyerap

Untuk bahan penyerap yang terdiri dari senyawa unsur-unsur, makaampang lintang mengikuti hubungan :

$$\Sigma_e = \sum N_i \cdot \sigma_i \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

- $\Sigma_e$  = tampang lintang makroskopik
- $N_i$  = jumlah inti per unit volume dari unsur-unsur pembentuk bahan
- $\sigma_i$  = tampang lintang makroskopik unsur-unsur pembentuk bahan

Jika jumlah inti per unit volume  $N = \rho NA/A$ , maka pernyataan tampang lintang makroskopik adalah :

$$\Sigma_e = \sum ( \rho NA / A ) \sigma_i \dots\dots\dots (3)$$

$$= ( \rho NA / A ) \sum \sigma_i \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

- $\rho$  = density bahan
- $NA$  = bilangan Avogadro
- $A$  = berat atom bahan

Berdasar kepada pernyataan tersebut diatas, maka tampang lintang serapan makroskopik merupakan fungsi dari  $\rho$  dan  $\sigma$ . Besaran tampang lintang ini dapat dihitung dari masing-masing unsur pembentuk senyawa. Karet alam terdiri dari unsur-unsur C, H, ). serta beberapa unsur pembentuk karet seperti Zn, S dan lain-lain, sedang borat terdiri dari unsur Na, B dan O. Berdasar pada tabel 1, maka tampang lintang senyawa tersebut dapat dihitung berdasar persamaan (4) dari unsur-unsur yang dominan.

Selain hal tersebut diatas, sifat interaksi radiasi neutron dengan bahan penyerap, merupakan hal yang sangat penting diperhatikan dalam pemilihan bahan penyerap. Interaksi neutron dengan materi penyerap dapat menyebabkan hasil belah akri dengan umur panjang, tidak akan digunakan. Oleh karena itu dua hal pokok yang disyaratkan adalah tampang lintang serapan neutron cukup besar dan hasil belah aktif akibat interaksi mempunyai umur pendek. Selain itu sifat-sifat karet harus tetap dipertahankan.

**PELAKSANAAN PERCOBAAN**

Pemilihan bahan

Pemilihan bahan didasarkan pada sifat penyerapannya terhadap radiasi

neutron dan kemudahannya di pasaran. Bahan dipilih dari senyawa boron, yaitu  $Na_2B_4O_7$  dan  $H_2BO_3$ . Bahan ini murah, mudah didapat dipasaran dan berdasar acuan pustaka (1) dapat dipakai sebagai penyerap neutron.

Sedangkan pilihan karet alam fase padat merupakan produk dalam negeri, harga murah dan mudah didapat, serta pengolahannya telah dikuasai.

**Peralatan yang dibutuhkan**

Unit pencacah neutron, sumber neutron, peralatan pencampur karet, peralatan pembuat kompon, vulkanisator, peralatan uji kekerasan, kuat tarik, perpanjangan tetap dan perpanjangan putus.

**Proses pembuatan**

Cuplikan (sampel) pertama dibuat dengan bahan karet alam fase padat dan serbuk  $H_2BO_3$ , dengan komposisi 40 pphr. Kedua bahan ini digiling pada suhu sekitar 60°C. Kemudian dipress pada tekanan 100 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 150°C, sehingga diperoleh sampel dengan ukuran geometris 150 x 150 x 2.5 mm. Sampel kedua dibuat dari  $Na_2B_4O_7$  dengan karet alam fase padat dengan proses dan ukuran seperti pada pembuatan sampel pertama, dengan komposisi 50 pphr. Sapel ketiga dibuat seperti sapel kedua tetapi dengan komposisi 100 pphr.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pembuatan sampel pertama dengan bahan  $H_2BO_3$  terlihat bahwa walaupun secara visual bentuk dan ukuran geometris baik, namun sampel ini mudah lengket (bersifat seperti lem). Hal ini disebabkan senyawa  $H_2BO_3$  bersifat asam, sehingga menyulitkan terjadinya proses vulkanisasi karet. Oleh karena itu, kemudian dibuat sam-pel kedua dan ketiga dengan senyawa  $Na_2B_4O_7$  dengan komposisi 50 pphr dan 100 pphr. Hasil yang diperoleh lebih baik dibandingkan dengan sampel pertama. Namun permukaan belum halus, sehingga belum memenuhi prosedur uji mekanik.

Dari hasil pengujian serapan neutron, diperoleh daya serap sampel pertama sebesar 76.2 % untuk ketebalan 2 mm dan 94.95 % untuk ketebalan 4 mm. Untuk sampel ketiga mempunyai daya serap 57.6% untuk ketebalan 2 mm dan 80.77 % untuk ketebalan 4 mm. Sedangkan untuk

karet biasa hanya mempunyai daya serap sebesar 46.5 % untuk ketebalan 2 mm dan 71.64 % untuk ketebalan 4 mm. Berarti penambahan senyawa boron dapat meningkatkan daya serap kira-kira 23 %. Peningkatan daya serap ini cukup baik karena mendekati standar yang ditentukan (99.9 %).

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasar pada hasil dan pembahasan tersebut diatas, maka dapat disimpulkan bahwa: semua sampel telah berfungsi sebagai bahan penyerap neutron dan semua sampel masih belum memenuhi sifat fisik karet.

Sebagai sumbang saran dalam penelitian selanjutnya adalah : senyawa boron yang digunakan sebaiknya dalam bentuk oksida ( $B_2O_3$ ) atau  $B_4C$ , agar proses karet dapat terpenuhi dan komposisi dapat ditingkatkan, sehingga daya serapnya memenuhi standar yang ditetapkan.

### DAFTAR PUSTAKA

1. P. VON DER HARDT AND H. ROTTGER, Neutron Radiography Handbook, Nuclear Science and Technology, D. Reidel Publishing Company, 1961
2. M.A. COWD, Kimia Polimer, Penerbit ITB, Bandung 1991
3. A.J.HARTOMO, Dasar-dasar Profesi Politeknik Pemrosesan Polimer Praktis, Andi Offset, 1993
4. SUTRISNO PUSPODIKORO, Interaksi Radiasi dengan Materi, Penerbit Bagian Teknik Nuklir, Fakultas Teknik UGM, 1978
5. GLENN MURPHY, Elements of Nuclear Engineering, John Wiley and Sons Inc, New York, 1961
6. ROBERT V. MEGHREBLIAN, Reactor Analysis, Mc. Graw Hill, 1960
7. ROBERT H. PERRY, Perry's Chemical Engineers Handbook, Sixth Edition, McGraw Hill Book Company, 1984

Tabel 1. Tampang lintang serapan neutron beberapa bahan

ELEMENT ( ISOTOP )	$\sigma_s$ (barns)	$\sigma_a$ (barns)	$\sigma_f$ (barns)
H	38	0.332	.....
D	7	$0.57 \times 10^{-3}$	.....
Be	7	0.010	.....
B	4	795	.....
C	4.8	$3.73 \times 10^{-3}$	.....
O	4.2	< 0.0002	.....
Cd	7	2450	.....
Xe 135	.....	$2.72 \times 10^6$	.....
U 235	15	683	582
Pu 239	9.6	1028	742

$\sigma_s$  = tampang lintang hamburan,  $\sigma_a$  = tampang lintang serapan,  $\sigma_f$  = tampang lintang belahan

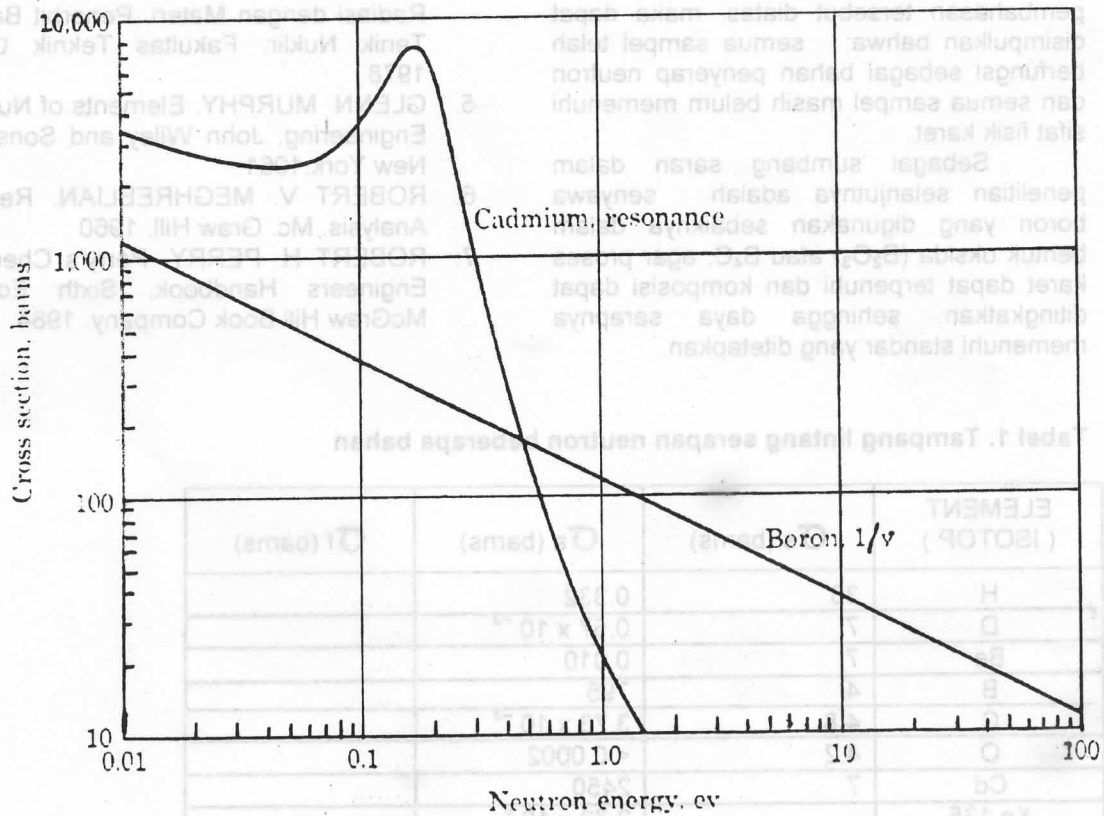
Tabel 2. Hasil pengujian karet boron dengan neutron lambat

No.	TS *	$Na_2B_4O_7$ 100 pphr *		$Na_2B_4O_7$ 50 pphr *		$H_2BO_3$ 40 pphr *		Karet biasa	
		1x	2x	1x	2x	1x	2x	1x	2x
1	29404	11488	4413	12507	5596	6879	1584	15646	8394
2	29543	11527	4467	12663	5691	7262	1415	15997	8455
3	29799	11772	4466	12379	5877	7030	1421	15968	8487
4	29619	11692	4534	12535	5729	7088	1542	16028	8323
5	29779	11680	4410	12726	5600	7014	1520	15515	8356
Rerata	29628	11632	4458	12562	5697	7055	1496	15831	8403

\* cacah/jumlah neutron persatuan waktu

Tabel 3. Daya serap berbagai karet boron

Sampel	Komposisi (pphr)	Tebal (mm)	Daya serap (%)	Tebal (mm)	Daya serap (%)
H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub>	40	2	76.20	4	94.95
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	100	2	60.74	4	84.95
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	50	2	57.60	4	80.77
Karet biasa	0	2	46.57	4	71.64



Grafik 1. Grafikampang lintang versus tenaga neutron untuk bahan boron dan cadmium

Tabel 2. Hasil pengujian karet boron dengan neutron lambat

No	TS *	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> 100 pphr *		Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> 50 pphr *		H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> 40 pphr *		Karet biasa	
		1x	2x	1x	2x	1x	2x	1x	2x
1	29404	11488	4413	12507	5596	6879	15848	8394	8394
2	28543	11827	4487	12883	5891	7262	15987	8452	8452
3	28799	11772	4466	12379	5877	7030	15998	8487	8487
4	28819	11892	4524	12535	6729	7088	16028	8523	8523
5	28779	11680	4410	12728	6800	7014	15515	8328	8328
Rata-rata	28828	11632	4458	12582	5997	7052	15831	8403	8403