

## REKAYASA KOMPOSIT KARET ALAM $Pb_3O_4$ UNTUK PROTEKSI RADIASI NUKLIR

Tri Harjanto, Sri Mulyono Atmojo  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATAN

### Abstrak

Rekayasa Komposit Karet Alam  $Pb_3O_4$  Untuk Proteksi Radiasi Nuklir. Untuk mengantisipasi meningkatnya kebutuhan bahan untuk proteksi radiasi Nuklir, dilakukan rekayasa komposit karet alam fase padat dengan  $Pb_3O_4$ . Proses pengolahan karet dengan metoda klasik, sehingga produsen tidak akan mengalami kesulitan memfabrikasi. Karet alam dan  $Pb_3O_4$  yang telah ditetapkan beratnya dicampur dengan mesin pencampur dan kemudian dibuat kompon. Kompon ini kemudian divulkanisasi dengan belerang. Sampel yang diperoleh berukuran  $150 \times 150 \times 2,5$  mm. Pengujian daya serap menggunakan sumber radiasi gamma dan sinar-x Daya serap ini kemudian dibandingkan dengan daya serap plat Pb tebal tertentu. Hasil test radiasi sinar-x pada tegangan dan arus tabung: 100 kV, 200 mA adalah sebagai berikut: komposisi 50 pphr daya serap 26,6 %, komposisi 100 pphr daya serap 62,3 %, komposisi 150 pphr daya serap 71,4 %. Sifat fisik: kekerasan 43, 41, 40 shore A. Masing-masing untuk komposisi 50 pphr, 100 pphr dan 150 pphr. Kuat tarik masing-masing : 28.1 ; 26.7 ; 22.9 N/mm<sup>2</sup>, perpanjangan putus: 760 %, 810 %, 840 % dan perpanjangan tetap 4.8; 5.9; 7.0. Sifat fisik ini telah memenuhi standar JIS Z 4801 tetapi daya serap terhadap radiasi sinar-x masih perlu ditingkatkan dengan cara penambahan bahan  $Pb_3O_4$ .

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan pesawat sinar-x, isotop dan bahan-bahan radiasi lainnya semakin luas, baik di rumah-rumah sakit poliklinik, industri maupun di laboratorium lembaga penelitian serta lembaga pendidikan. Untuk mengurangi efek radiasi baik bagi operator, pasien dan lingkungan, maka harus tersedia sarana proteksi radiasi yang memadai. Selain pekerja radiasi diberi pengetahuan yang cukup mengenai proteksi radiasi, sarana proteksi harus tersedia. Salah satu bahan proteksi radiasi yang banyak digunakan adalah apron. Apron pada umumnya dibuat dari bahan lembaran komposit karet Pb atau lembaran polyvinyl Pb. Pb dalam bentuk oksida sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan masa jenis karet itu sendiri sehingga dapat meningkatkan daya serap terhadap radiasi gamma. Berdasarkan teori proteksi radiasi, paparan radiasi setelah menembus shielding dapat dinyatakan :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $I$  = paparan radiasi setelah melalui shielding  
 $I_0$  = paparan radiasi sebelum Melalui shielding  
 $e$  = bilangan eksponensial  
 $\mu$  = koefisien absorpsi linier bahan (1/cm)  
 $x$  = tebal bahan (cm)

Interaksi antara radiasi dengan materi dipengaruhi oleh beberapa factor yang dapat dinyatakan :

$$\rho_e = \frac{N}{A} Z \cdot \rho \dots\dots\dots (2)$$

dengan  
 $N$  = bilangan Avogadro  
 $A$  = nomor masa  
 $Z$  = nomor atom  
 $\rho_e$  = rapat electron bahan penyerap  
 $\rho$  = rapat jenis bahan penyerap

Dari rumus diatas maka sebagai bahan pengisi dipilih bahan yang mempunyai nomor atom besar. Sebagai pertimbangan lain ditunjukkan grafik hubungan absorpsi linier dari berbagai jenis bahan (gambar. 1). Dari garfik tersebut dipilih bahan Pb Oksida ( $Pb_3O_4$ ) sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan daya serap karet. Daya serap radiasi biasanya dinyatakan dalam persen, yaitu  $I/I_0 \times 100 \%$ , atau dinyatakan dengan ekuivalen ketebalan Pb tertentu. Sesuai dengan JIS maka syarat-syarat bahan untuk apron harus memenuhi standar baik dari sifat fisik maupun daya serap. JIS mensyaratkan nila daya serap diekivalenkan dengan daya serap Pb tebal tertentu serta sifat fisik yang terdiri dari *elongation at break*, *hardness*, *tensile strength*, *permanent set* dan lain-lain yang disyaratkan tabel 3.

## 2. TATA LAKSANA

### a. Penentuan Komposisi

Komposisi ditentukan berdasarkan rencana berapa besar daya serapnya, semakin besar daya serapnya tentu komposisi Pb dalam komposit semakin besar. Dari rumus (1) dan (2) dapat diperoleh kesebandingan antara  $\rho$  terhadap nilai daya serapnya. Ketebalan komposit yang dibuat 2 mm (sesuai standar) dan selanjutnya komposisi  $Pb_3O_4$  untuk setiap 100 gram karet dapat dihitung.

### b. Bahan yang digunakan

Bahan karet dipilih dari bahan karet alam fase padat, bahan pengisi dipilih bahan  $Pb_3O_4$  serbuk, bahan lain sebagai bahan pemroses karet adalah sulfur, ZnO, Stacid, Tetran A, Flectol H dan lain-lain.

### c. Alat yang digunakan

1. Unit mesin pengolah karet : penggiling dengan suhu dan kecepatan putaran yang dapat diatur, rheometer, mesin

vulkanisasi dan pencetakan dengan pengatur suhu dan tekanan.

2. Peralatan uji fisik
3. Peralatan uji daya serap, unit pesawat sinar-x, detector, pencacah gamma dan lain-lain.

## 3. METODA PEMBUATAN

bahan utama karet alam fase padat dan  $Pb_3O_4$  ditimbang sesuai dengan komposisi yang direncanakan, kemudian bahan-bahan pemroses lain disiapkan secukupnya. Karet alam fase padat digiling pada suhu  $66^{\circ}C$  dan berakhir pada suhu  $62^{\circ}C$  dengan kecepatan putaran 35 – 42 rpm. Pada proses penggilingan inilah bahan-bahan pemroses dimasukkan sedikit demi sedikit sampai diperoleh campuran yang homogen. Setelah proses penggilingan ini selesai, kemudian dilakukan proses vulkanisasi dan pencetakan sample dengan menggunakan mesin pres pada tekanan  $100 \text{ kg/cm}^2$  dan suhu  $150^{\circ}C$ . Sampel dicetak berbentuk lembaran dengan ukuran tebal 2 mm, panjang x lebar = 15 x 15 cm. Sampel yang diperoleh sebanyak 3 buah, 1 buah digunakan untuk uji mekanik dan 2 buah untuk uji daya serap radiasi.

## 4. PENGUJIAN

1. Untuk mengetahui sifat fisik dilakukan uji mekanik yang diketahui :
  - hardness, shore A (metoda ISO 37)
  - elongation at break, % (metoda ISO 37)
  - permanent set, % (metoda B.S 903)
2. Untuk mengetahui daya serap dan ekivalensinya dengan Pb dilakukan uji dengan radiasi sinar-x dengan metoda sesuai standar JIS – 4501.

Tabel 1. Masa jenis komposit

No	Komposit $Pb_3O_4$ (pphr)	Masa Jenis
1	0	0,9531
2	50	1,4174
3	100	1,7482
4	150	2,1618

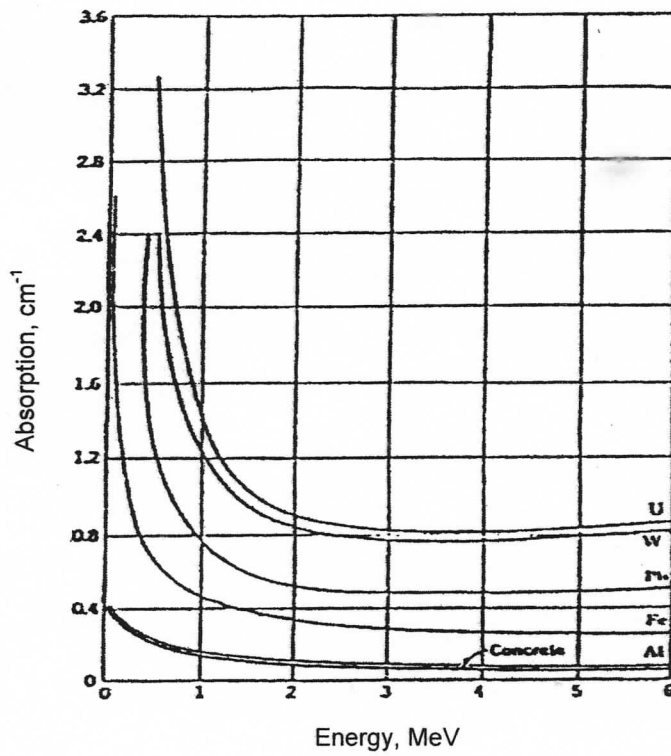
Table 2. Pengujian dengan pesawat sinar-x 70 kV, 100 mA, 0,2 dt.

Sampel	Sumber sinar - x	
	Cacah rata-rata	Daya serap
Back ground	14	-
Tanpa shielding	2192	-
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 50 pphr	1603	26,6
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 100 pphr	835	62,3
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 150 pphr	636	71,4
Pb 0,25 mm	461	79,3
Pb 0,50 mm	167	92,9
Apron 0,35 mm	180	87,6

Tabel 3. Hasil pengujian mekanik

Sifat Tahan	Metoda Uji	Komposit karet Alam Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>			JIS Z 4801
		50 pphr	100 pphr	150 pphr	
Hardness, shore A	ISO 686	43	41	40	65*
Tensile strength, N/mm <sup>2</sup>	ISO 37	28,1	26,7	22,9	6**
Elongation at break, %	ISO 37	760	810	840	400**
Permanent set, %	BS. 903	4,8	5,9	7	25*

\*\* = minimum, \* = maksimum



Grafik 1. Grafik absorpsi linier dari berbagai jenis bahan.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Syarat sifat fisik untuk rubber sheet tensile strength min 6 N/mm<sup>2</sup>, sample 28,1 N/mm<sup>2</sup>, elongation minimum 400 % sample 760 %, permanent set 25 % max sample 4,8 %. Hardness 65 shore A max sample 43 shore A. Jadi dari sifat fisiknya maka memenuhi standar JIS Z 4801. Hasil pengujian serapan untuk komposit 50 pphr adalah 26,6 % ; 100 pphr 62,3 % dan untuk 150 pphr 71,4 %. Hasil ini masih mempunyai selisih yang cukup besar dengan daya serap Pb tebal 0,25 mm yang besarnya 79,3 %. Hal ini belum sesuai hasil perhitungan. Beberapa factor yang berpengaruh adalah kemungkinan kepadatan karena pengepresan masih kurang, kemungkinan factor zat-zat penambah yang belum diperhitungkan. Ditinjau dari sifat-sifat fisiknya, untuk meningkatkan daya serap yang sesuai standar JIS Z 4801 komposisi masih mungkin untuk ditingkatkan sampai beberapa pphr lagi.

## 6. KESIMPULAN

Komposit karet alam fase padat dengan Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat digunakan sebagai bahan proteksi radiasi. Untuk komposisi 50 pphr, 100 pphr mempunyai daya serap masing-masing 26,6 %, 62,3 %, 71,4 %.

Pada komposisi tersebut sifat fisiknya sudah memenuhi standar JIS Z 4801, namun daya serapnya belum memenuhi standar untuk ekivalensi Pb 0,25 mm. oleh karena itu perlu peningkatan komposisi Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, sehingga masa jenis dapat meningkat dan daya serap akan memenuhi standar yang ditetapkan.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

1. Pendidikan Ahli Teknik Nuklir, Petunjuk Praktikum Proteksi Radiasi, Yogyakarta 1985.
2. GLENN MURPHY, Element of Nuclear Engineering, John Wiley and Sons, 1980.
3. JIS Z 4803 – 1980. Medical x-ray Protective Aprons, Japanese Standart Association, 1980.
4. JIS Z 4803 – 1980. Medical x-ray Protective Aprons, Japanese Standart Association, 1991.
5. JIS Z 4801, 1991 Lead Rubber Sheets and Lead Polyvinyl Chloride Sheets for X-ray Shield.
6. ARTHUR BEISER, Konsep Fisika Modern, Erlangga Jakarta, 1993.
7. A.J HARTOMO, Dasar-Dasar Profesi Politeknik Pemrosesan Polimer Praktis, Andi Offset, 1993.