



KUALITAS LEMBARAN KOMPOSIT KARET TIMBAL UNTUK PROTEKSI RADIASI SETELAH UMUR PEMBUATAN 12 TAHUN

Tri Harjanto, Kristiyanti

PRPN BATAN, Kawasan PUSPIPTEK, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

KUALITAS LEMBARAN KOMPOSIT KARET TIMBAL UNTUK PROTEKSI RADIASI SETELAH UMUR PEMBUATAN 12 TAHUN. Telah dilakukan evaluasi kualitas produk karet timbal untuk proteksi radiasi dari karet alam timbal oksida pada umur pembuatan 12 tahun. Evaluasi ini diperlukan untuk menguji keunggulan produk yang telah memenuhi Standar Nasional Indonesia nomor SNI-06-6041-1999. Evaluasi dilakukan dengan melakukan perbandingan hasil uji terhadap sifat mekanik dan daya serap radiasi pada saat baru dibuat dengan kondisi setelah berumur 12 tahun. Sifat mekanik yang diuji yaitu sifat kekerasan bahan, kuat tarik bahan, perpanjangan putus dan perpanjangan tetap. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sifat mekanis serta sifat daya serap terhadap radiasi produk karet timbal setelah berumur 12 tahun masih memenuhi standar yang diacu.

Kata kunci : kualitas, komposit, karet timbal, proteksi radiasi.

ABSTRACT.

THE QUALITY OF THE RUBBER-LEAD COMPOSITE SHEET FOR RADIATION PROTECTION AFTER 12 YEARS OF AGE. Have evaluated the quality of rubber-lead composite sheet for radiation protection after 12 years of age. This evaluation is necessary to test the performance of products that meet the Indonesian National Standard SNI 06-6041-1999. The evaluation was done by comparing the test results of the mechanical properties and absorption of radiation between the new product and after use age of 12 years. Mechanical test include , hardness, tensile strength materials, elongations at break and extended stays. Evaluation results show that the mechanical properties and the radiation absorption property the rubber-lead products after 12-years still meet the standards.

Keywords: quality, composite, rubber lead, radiation protection.

1. PENDAHULUAN

Aplikasi teknologi nuklir telah digunakan di berbagai bidang kehidupan, diantaranya penggunaan di bidang kesehatan, riset, industri dan pertanian. Didalam pemanfaatan teknologi nuklir salah satu perlengkapan proteksi radiasi yang harus dipenuhi adalah baju proteksi radiasi, tirai atau rumbai-rumbai proteksi radiasi serta peralatan ukur yang dapat memonitor bahaya radiasi. Baju proteksi radiasi dan rumbai-rumbai tirai proteksi radiasi biasanya dibuat dari bahan lembaran komposit karet timbal.



Dalam rangka memenuhi kebutuhan bahan proteksi radiasi ini telah dilakukan rekayasa bahan lembaran komposit karet timbal dan telah dibuat secara mandiri dengan menggunakan bahan baku karet alam dan Pb_3O_4 serta bahan-bahan lain sebagai bahan pemroses seperti sulfur dan lain-lain. Supaya produk dalam negeri ini mempunyai keunggulan kualitas yang baik perlu dipantau selalu dan ditingkatkan kualitasnya pada setiap kurun waktu tertentu. Lembaran komposit karet timbal ini selanjutnya dilengkapi dengan pelapis, tali pengikat dan sebagainya sehingga menjadi barang jadi proteksi radiasi seperti baju apron yang dipakai operator industri pengguna pesawat sinar-X, pekerja laboratorium nuklir dan operator industri yang menggunakan radiasi gamma. Komposit ini juga digunakan sebagai rumbai-rumbai proteksi radiasi pada pemeriksaan bagasi maupun barang bawaan di bandara dan di bea cukai.

Menurut ketentuan dari pemerintah Indonesia dalam hal ini Badan Pengawas Penggunaan Teknologi Nuklir (BAPETEN) bahwa penggunaan instalasi nuklir termasuk pesawat sinar-X harus dilengkapi peralatan pengaman radiasi termasuk apron proteksi radiasi supaya efek samping dari penyinaran yang tidak perlu bagi operator maupun lingkungan dapat di kurangi^[1]. Dari hasil penelitian sebelumnya telah dihasilkan lembaran komposit karet- timbal yang telah memenuhi standar kualitas SNI no. SNI- 06-6041-1999 dan telah dibuat beberapa prototip baju proteksi radiasi. Setelah lebih kurang dua belas tahun umur lembaran komposit, dihitung dari saat proses pembuatan sampai sekarang maka perlu dilakukan evaluasi kualitasnya. Apakah kualitas lembaran komposit ini masih bagus sesuai standar atau sudah tidak sesuai dengan standar yang diacu.

Ditinjau dari bahan baku lembaran komposit ini dibuat dari karet alam padat, sehingga sifat polimer karet alam mempunyai sifat yang bagus, karena proses polimerisasinya melalui proses biosintesa yaitu reaksi yang berlangsung secara alamiah. Berbeda dengan karet sintetis dimana reaksi polimerisasi dilakukan dengan proses kimiawi buatan sehingga sifat polimernya tidak sebaik karet alam. Jika ditinjau dari sifat ketahanan pengusangan karena interaksi dengan bahan lain seperti minyak, oksidasi oleh oksigen, ozon dan sinar matahari maka ketahanan pengusangan karet sintetis lebih baik. ^[2]. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi seberapa besar pengaruh faktor lingkungan tadi terhadap kualitas lembaran komposit karet timbal ini apakah setelah 12 tahun kualitasnya masih dapat memenuhi standar yang diacu.

Ada dua indikator penting yang menunjukkan kualitas yaitu daya serap radiasi dan sifat kekuatan mekanis bahan. Daya serap radiasi mengikuti standar JIS Z-4803-1980 yaitu ekuivalen dengan tebal timbal 0,25 mm, 0,35 mm dan 0,5 mm Pb. Tebal lembaran



bahan dirancang dengan tebal maksimum rata-rata 2,5 mm. Kemampuan daya serap bahan merupakan fungsi komposisi $Pb_3 O_4$ didalam karet, semakin besar komposisi makin besar daya serapnya ^[3], akan tetapi pada komposisi tertentu $Pb_3 O_4$, kekuatan sifat mekanis komposit ini akan menurun

2. TATAKERJA / METODA EVALUASI

Persiapan sampel

Sampel lembaran dipersiapkan dari awal pembuatan produk, yaitu dengan membuat lebih dari sepuluh lembar produk lembaran komposit dalam sekali proses, kemudian satu lembar komposit tersebut tidak dibuat produk jadi. Sedangkan lembaran komposit yang lain dibuat produk jadi dengan memasang pelapis (*cover*) dan perlengkapan pengikat yang diperlukan. Komposisi lembaran komposit yang dipilih adalah komposit yang mempunyai komposisi 300 PPHR (Part Per one hundred rubber) Pb_3O_4 . Bahan ini memenuhi kualitas Standard Nasional Indonesia (SNI- 06-6041-1999) dan telah diaplikasikan menjadi pakaian proteksi radiasi berbagai tipe (apron dengan standard SNI 18-6478-2000, SNI-18-6479-2000, SNI-18-6480-2000) serta telah mulai dimasyarakatkan.

Peralatan uji yang Digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

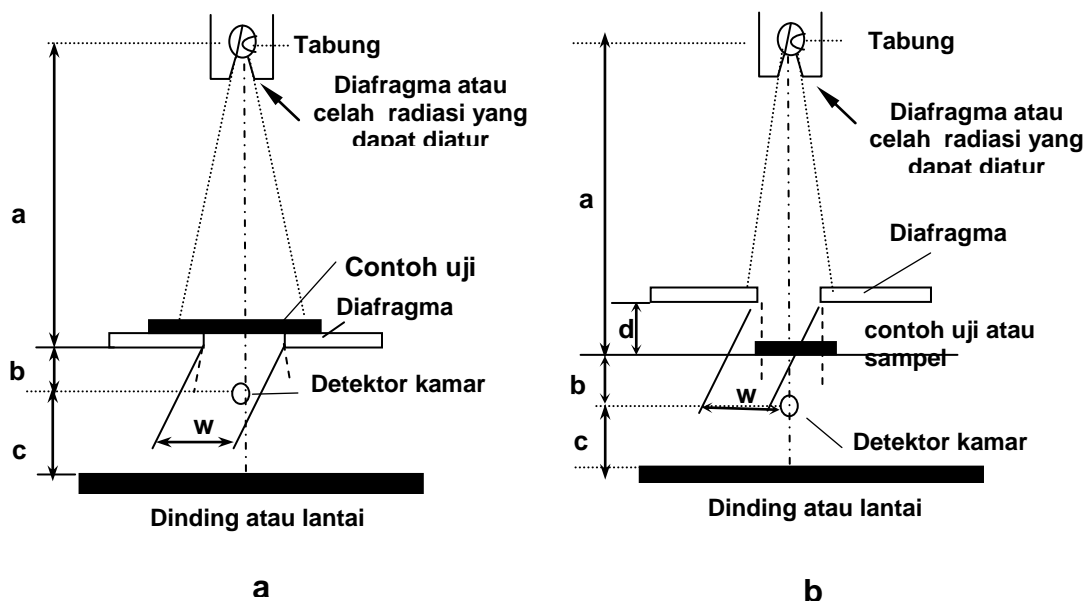
1. Peralatan uji mekanis (alat uji kekerasan, perpanjangan tetap, perpanjangan putus dan kuat tarik)
2. Peralatan uji daya serap radiasi Sinar-X dengan spesifikasi Pesawat Sinar-X kapasitas tegangan operasi mencapai 200 kV dengan kuat arus sebesar 6 mA. Jenis pesawat sinar-X : Rigaku, Radioflex Jenis/tebal filter ; Al, 2 mm
3. Jenis detektor : Ion Chamber Tipe : 200 EG S2 Seri : PR 0004-18
4. Peralatan bantu antar lain tempat sampel, mistar gulung untuk mengukur jarak sampel dengan detektor dan tabung pesawat Sinar-X,
5. Peralatan monitor lingkungan yaitu dosimeter saku.

Pengujian Terhadap Daya Serap Radiasi

Pengujian yang dilakukan meliputi daya serap terhadap radiasi sinar-X yang diambil minimal 3 titik. Hasil pengamatan tiap titik ini kemudian diambil nilai rata-ratanya.



Daya serap yaitu perbandingan intensitas saat diukur pada kondisi dan posisi yang sama dengan pengukuran saPengujian berdasar kepada JIS Z 4501,^[4] JIS Z 4803,^[5] JIS Z 4830^[6] berlaku untuk semua sampel. Setelah dilakukan pengujian lembaran karet apron, kemudian sampel diganti dengan pelat timbal dengan ketebalan bervariasi dari tebal 0,1 mm sampai dengan tebal 1 mm. Tegangan operasi X-Ray 200 kV. Penghitungan ekivalensi daya serap setiap komposisi dilakukan dengan cara membandingkan dengan daya serap pelat timbal dengan ketebalan tertentu yang sesuai dengan daya serapnya. Tata letak sampel pada pengujian daya serap terhadap radiasi sinar-x seperti pada gambar 1.



Keterangan gambar

Berkas sinar-x	w, mm	a, mm	b, mm	c, mm	d, mm
Berkas lebar	500	1500	50 min	700 min	-
Berkas sempit	20, 10 max*	1500	45 min, 32 min*	700 min	200

Catatan : * Dalam kasus pemeriksaan keseragaman ekivalen timbal

Gambar no.1. Skema pengujian menurut standard JIS-Z-4005

a. Untuk berkas lebar, b. Untuk berkas sempit

Data hasil pengujian daya serap radiasi lembaran komposit kemudian dibandingkan dengan data hasil pengujian lempengan timbal dengan tebal tertentu. Kesamaan daya



serap radiasi antara lembaran komposit dengan lempengan timbal tertentu ini yang disebut ekuivalen timbal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian lembaran komposit karet-timbal saat masih baru dan setelah berumur 12 tahun dilakukan dengan mengacu pada standar uji SNI 06–6041-1999. Pengujian meliputi uji *organoleptis*, *uji kekuatan mekanik*, *uji daya serap radiasi*. *Pengujian organoleptis* yaitu pengamatan fisik secara visual terdapat kecacatan atau tidak, pengujian mekanis yaitu meliputi uji kekerasan dengan satuan Shore A, uji kuat tarik dengan satuan Mpa , uji perpanjangan putus dengan satuan %, perpanjangan tetap dengan satuan % . Pengujian daya serap dengan satuan ekuivalen terhadap tebal plat Pb tertentu. Hasil pengukuran selanjutnya dibuat tabel berikut:

Tabel no. 1. Hasil uji lembaran karet proteksi radasi

Jenis uji	Metoda uji (ISO)	Standar JIS	Sampel 300 PPR saat baru	Sampel 300 PPR 12 tahun
Kekerasan, Shore A	ISO 7619	65 maks.	50	37,36
Kuat tarik, N/mm ²	ISO 37	6 min.	13,5	20,27
Perpanjangan putus, %	ISO 37	400 min.	610	466,67
Perpanjangan tetap, %	ISO 2285	25 maks.	5,4	20
Daya serap	JIZ	0,1; 0,25; 0,35; 0,5 mm	Setara Pb 0, 35 mm	Setara Pb 0, 35 mm

Acuan kualitas sifat mekanis komposit adalah standar SNI–19–1144 – 1989. Material proteksi radiasi dari komposit karet alam dan timbal oksida ini mempunyai sifat utama yang memang dipilih untuk dapat digunakan sebagai proteksi radiasi yang elastis, dapat dipakai sebagai baju rompi dengan kemampuan daya serap radiasi tertentu. Selain syarat tersebut bahan ini juga harus mempunyai sifat mekanis yang baik sesuai standar yang ditentukan. Selama bahan tersebut masih memenuhi persyaratan yang ditentukan, walaupun umurnya sudah puluhan tahun maka bahan tersebut masih dapat digunakan. Jika diamati secara visual untuk lembaran karet hampir tidak ada perubahan, tetapi pada



produk jadi tampak ada perubahan warna pada kain pelapis (lihat gambar lampiran). Jika dilihat kekerasannya maka kekerasan menurun sampai hampir 25 % , berarti semakin elastis sedangkan batas maksimumnya adalah 65 Shore A. Kuat tarik saat masih baru sebesar $13,5 \text{ N/mm}^2$, kuat tarik standard minimal 6 N/mm^2 . Sedangkan setelah 12 tahun hasil pengujian adalah $20,27 \text{ N/mm}^2$ justru semakin besar. Perpanjangan putus saat masih baru sebesar 610 %, syarat minimal 400 %. Hasil pengujian ini sebesar 466,67 %, cukup proporsional dan masih memenuhi syarat minimal. Hasil uji perpanjangan tetap saat masih baru sebesar 5,4 %, sedang syarat standard maksimum 25 %. Hasil pengujian 20 %, proporsional dengan umurnya, dan masih memenuhi syarat yang ditentukan. Hasil pengujian daya serap radiasi saat masih baru ekivalen dengan daya serap plat Pb 0,35 mm. Hasil pengujian setelah berumur 12 tahun ternyata daya serapnya masih tetap ekivalen dengan tebal plat Pb 0,35 mm. Jadi secara umum lembaran komposit karet-timbal ini hasil kualitas baik sampai umur 12 tahun. Untuk kenyamanan pemakaian ternyata masih cukup nyaman dipakai sebagaimana di tunjukan pada gambar 2 pada lampiran.

4. KESIMPULAN

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa produk komposit karet timbal setelah berumur 12 tahun masih mempunyai sifat mekanis dan fisik yang baik diantaranya sifat kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus dan perpanjangan tetap, serta daya serap memenuhi standar yang diacu.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Bapak Ir. Sri Mulyono atmojo yang telah bersama-sama mengawali penelitian ini dan kepada semua rekan sejawat di PRPN dan Pusdiklat Batan Pasar Jumat serta kepada pabrik karet Inkaba Bandung yang telah bekerja sama membantu dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir no. 7 Tahun 2007 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Peralatan Radiografi Industri.
2. THE WORKING COMMITTEE FOR CRUMB RUBBER MINISTRY OF TRADE REPUBLIK OF INDONESIA, *Standar Indonesian Rubber Material*, Jakarta, 1972



3. SRI MULYONO ATMOJO DKK, Pembuatan Komposit Karet Alam Timbal Oksida, XVIth National Symposium on Physics and Aseanip Regional Seminar on the Physics of Metals and Alloys, HFI, ITB Bandung tanggal 12 Desember 1996.
4. JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD (JIS) Z 4801, *Lead Rubber Chloride Sheets for X-ray Shield*, Japanese Standard Association, 1991
5. JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD (JIS) Z 4501, *Testing Method of Lead Equivalent for X-ray Protective Devices*, Japanese Standard Association, 1988
6. JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD (JIS) Z 4803, *Medical X-ray Protective Apron*, Japanese Standard Association, 1980
7. JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD (JIS) Z 4830, *X-ray Protective*
8. L. FRANTA, *Elastomer and Rubber Compounding Materials*, Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 1989

Lampiran 1. Gambar produk jadi lembaran karet timbal



Gambar no. 2. Produk umur tahun 1



Gambar no. 3. Produk setelah berumur 12 tahun



Gambar 4. Cara penyimpanan di gantung pada hanger



Gambar 5. Lembaran karet setelah berumur 12 tahun

Clothing for Patients, Japanese Standard Association, 1992

Sebagai acuan kualitas sifat mekanis komposit adalah standar Jepang JIS Z-4801 mengenai "Lead Rubber Sheet and Lead Polivinyll Chloride Sheets for X-ray Shield", dengan ketentuan sebagai berikut:

"Tensile strength" (Mpa)	minimum	60
"Elongation at break" (%)	minimum	400
"Hardness, shore A "	maksimum	65
"Tearing Strength" N/mm	minimum	16,5

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Apakah uji mekanis telah dilakukan? (GUNARWAN PRAYITNO)
2. Apa penyebab uji tarik naik? (GUNARWAN PRAYITNO)
3. Uji tarik naik, kira kira ada formula seperti apa? (FIRMAN SILITONGA)



Jawaban

1. Uji mekanis dilakukan dengan mengikuti standart yang diacu dan hasil seperti yang terlihat dalam table
2. Belum diketahui kenapa kekuatan tarik meningkat perlu dilakukan penelitian lanjut