

# ANALISIS BERKAS SINAR-X PADA PERISAI RADIASI BERBASIS POLYESTER TIMBAL ASETAT DI MURNI TEGUH MEMORIAL HOSPITAL

## Analysis of X-Ray Beam on Radiation Shields Based on Polyester Lead Acetate at Murni Teguh Memorial Hospital

Hotromasari Dabukke<sup>1\*</sup>, Fitler Aritonang<sup>2</sup>, Salomo Sijabat<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>DIII Electro-medical Technology Study Program, Universitas Sari Mutiara, Medan, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Radiodiagnosics and Radiotherapy Engineering, Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Yayasan Sinar Amal Bhakti, Medan, Indonesia

<sup>1</sup>saridabukke21@gmail.com, <sup>2</sup>aritonang\_fitler@yahoo.com, <sup>3</sup>slm.jabat@gmail.com

### Kata Kunci

Polyester resin  
Timbal asetat  
Densitas  
Transmisi cahaya

### Abstrak

Penelitian ini tentang pengaruh polyester resin sebagai matrik, dan timbal asetat sebagai filler pada pembuatan perisai radiasi sinar-X dan mengetahui karakteristiknya terhadap sifat fisis, mekanis serta sifat termal di Murni Teguh Memorial Hospital. Timbal asetat divariasikan yaitu (0, 2, 4, 6, 8, dan 10)%wt dengan variasi tebal sampel 0,5cm, 0,75cm, 1,0cm, 1,25cm dan 1,50cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisis (densitas 1,9 gr/cm<sup>2</sup>) pada komposisi timbal asetat 10% wt dan polyester resin 85% wt dengan tebal 1,5 cm merupakan nilai hasil terbaik. Semakin tinggi komposisi timbal asetat maka semakin tinggi nilai densitas. Nilai transmisi cahaya yaitu 83% masih sesuai dengan standart ISO tentang kaca timbal. Hasil pengujian sifat mekanik (uji tekan 79 kg/cm<sup>3</sup> dan uji kekerasan 38) merupakan nilai terbaik pada komposisi 85:10:5%wt dengan tebal 1,5cm. Ini menunjukkan bahwa komposisi 85:10:5%wt merupakan komposisi yang paling homogen sehingga menghasilkan sifat mekaniknya optimum. Dari seluruh pengujian sampel perisai radiasi, komposisi 85: 10: 5% wt memiliki sifat fisik dan mekanik terbaik sesuai dengan standar ISO dan SNI-16-6656-2002 tentang gelas timbal.

### Keywords

Polyester resin  
Lead acetate  
Density  
Light transmission

### Abstract

This research was about the effect of polyester resin as a matrix, and lead acetate as filler in the manufacture of X-ray radiation shields in order to determine its characteristics on physical, mechanical and thermal properties at Murni Teguh Memorial Hospital. Lead acetate was varied (0, 2, 4, 6, 8, and 10) wt% with variations in sample thickness of 0.5 cm, 0.75 cm, 1.0 cm, 1.25 cm and 1.50 cm. The results showed that the physical properties (density 1.9 gr/cm<sup>3</sup>) on the composition of 10% wt lead acetate and 85% wt polyester resin with a thickness of 1.5 cm were the best results. The higher the lead acetate composition, the higher the density value is. The light transmission value of 83% was still in accordance with the ISO standard regarding lead glass. The results of the mechanical properties test (compression test 79 kg/cm<sup>3</sup> and hardness test 38) were the best values at the composition of 85:10:5% wt with a thickness of 1.5 cm. This shows that the composition of 85:10:5% wt is the most homogeneous composition resulting in optimum mechanical properties. The results of the DSC test showed that an endothermic temperature of 85:10:5% wt with a thickness of 1.5 cm was the best with a temperature of 377°C. From all radiation shield sample tests, the composition of 85:10:5% wt has the best physical properties and mechanical properties in accordance with ISO and SNI-16-6656-2002 standards regarding lead glass.

©2020 The Author  
p-ISSN 2338-3240  
e-ISSN 2580-5924

Received 04 January 2021; Revised 10 February 2021; Accepted 15 March 2021; Available Online 22 April 2021

\*Corresponding Author: [saridabukke21@gmail.com](mailto:saridabukke21@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan radiasi pengion seperti sinar-X pada bidang kedokteran untuk kegunaan terapi maupun diagnostik sudah sangat umum dilakukan. Akibat interaksi radiasi dengan materi tersebut maka sel-sel dapat mengalami perubahan struktur. Oleh karena itu diperlukan perisai radiasi untuk tujuan proteksi radiasi[1]. Program proteksi radiasi bertujuan untuk

melindungi para pekerja radiasi serta masyarakat umum dari bahaya radiasi yang ditimbulkan akibat penggunaan zat radioaktif atau sumber radiasi pengion lainnya[2]. Material perisai radiasi yang digunakan pada instalasi radiologi berupa beton, timbal, baja, kaca timbal dan material berat lain. Beton digunakan karena murah dan memiliki sifat yang mudah didapatkan terhadap berbagai konstruksi. Timbal memiliki densitas yang tinggi

sehingga sangat baik sebagai perisai radiasi [3]. Namun untuk perisai radiasi di bagian ruang kontrol ruangan radiologi keduanya tidak bisa digunakan karena memiliki sifat yang *opaque* atau tidak tembus pandang [4]. Kaca timbal merupakan material yang memenuhi syarat sebagai perisai radiasi (*shielding*) yang transparan. Kaca timbal digunakan karena memiliki karakter transparan sekaligus memiliki densitas tinggi [5].

Penggunaan timbal sebagai penahan radiasi tidak hanya sebagai pelapis dinding dan atap tetapi di dopping juga pada kaca yang sering dikenal dengan kaca timbal (*lead glass*) [6]. Kaca timbal ini sering digunakan di instalasi Kedokteran Nuklir dan ruang kontrol radiologi [7].

Timbal yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbale asetat ( $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ) lebih tepatnya disebut lead (II) acetate trihydrate karena Pb asetat ini larut dalam katalis resin. Selain Pb asetat terdapat Pb oksida ( $\text{PbO}$ ) dan Pb Nitrat ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ).  $\text{Pb}^{2+}$  oksida tidak dipilih karena warnanya yang kuning dan memiliki titik lebur yang sangat tinggi dan tidak larut dalam katalis resin serta harganya yang cukup mahal [6]. Sebelumnya telah dilakukan penelitian terhadap komposit polyester timbal. Hasil penelitian tersebut diperoleh komposit polyester timbal dengan komposisi 3,5% timbal asetat dan tebal 0.5 cm merupakan komposit optimum yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti kaca timbal [8].

Oleh karena itu Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkarakterisasi perisai radiasi dari bahan polyester timbale asetat sebagai filler dan polyester resin sebagai matrix dimurni teguh memorial hospital. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dari perisai radiasi dengan bahan polyster timbale asetat seperti densitas, intensitas radiasi, kuat tekan dan kekerasan serta sifat thermal dari bahan tersebut. Kontribusi dari penelitian mampu memberikan inovasi baru dengan memanfaatkan bahan polyster sehingga bisa digunakan sebagai alternatif pengganti kaca timbal. Diharapkan dari penelitian ini dapat bermanfaat untuk menjadi rujukan untuk pembuatan perisai radiasi dengan bahan polyester timbal karena bernilai ekonomis [9].

## METODE PENELITIAN

Metode pembuatan sampel dan pengujian karakteristik perisai radiasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen langsung menggunakan metode *blending*, dimana bahan polyester resin digunakan sebagai matrik dan timbal asetat sebagai bahan *filler* serta katalis untuk mempercepat waktu curing sampel.

Proses pembuatan sampel penelitian perisai radiasi berbahan dasar komposit polyester resin dan timbal asetat dimulai dengan mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan dan bahan-bahan yang diperlukan yaitu: polyester resin Yukalac C-108B, timbal asetat dan katalis MEKPO (*Metil Etil Keton Peroksida*). Metode yang digunakan pada pembuatan sampel perisai radiasi yaitu dengan metode *Blending (pengadonan)*. Sebelum dilakukan poses pembuatan sampel perisai radiasi sinar-X berbahan dasar polyeseter resin dan timbal asetat, terlebih dahulu mempersiapkan cetakan sampel dari lempengan aluminium berbentuk persegi dengan ukuran (4 x 5 x 2) cm. Dalam proses penentuan komposisi setiap sampel yang akan dibuat, maka dilakukan proses penimbangan/pengukuran bahan sampel perisai radiasi sesuai dengan variasi komposisi berat campuran yang ditetapkan. Perbandingan jumlah komposisi setiap bahan pembuatan sampel perisai radiasi komposit poliester timbal.

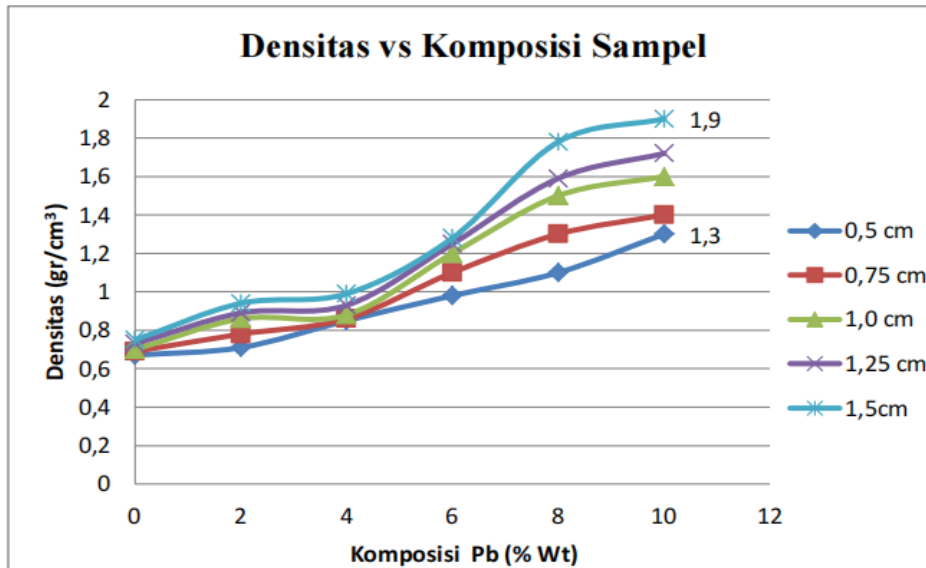
Untuk melarutkan setiap bahan perisai radiasi yang sudah ditentukan, dengan memasukkan bahan polyester resin, timbal asetat ke dalam *beaker glass* yang sudah diletakkan di atas *magnetic stirrer* sesuai komposisi setiap sampel. Sebelum dilakukan proses pencetakan sampel, terlebih dahulu dilakukan penghomogenan bahan dengan menggunakan *magnetik stirrer* selama 5 menit. Setelah bahan perisai radiasi homogen tercampur, maka bahan tersebut dituangkan ke dalam cetakan yang sudah disediakan. Dalam proses pengeringan dan pengerasan sampel, dengan memasukkan sampel ke dalam lemari asam dengan suhu kamar selama  $\pm 5$  jam. Setelah masing-masing sampel perisai radiasi mengeras, kemudian sampel dikeluarkan dari cetakan [4].

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

**Densitas dengan Komposisi Timbal Asetat**

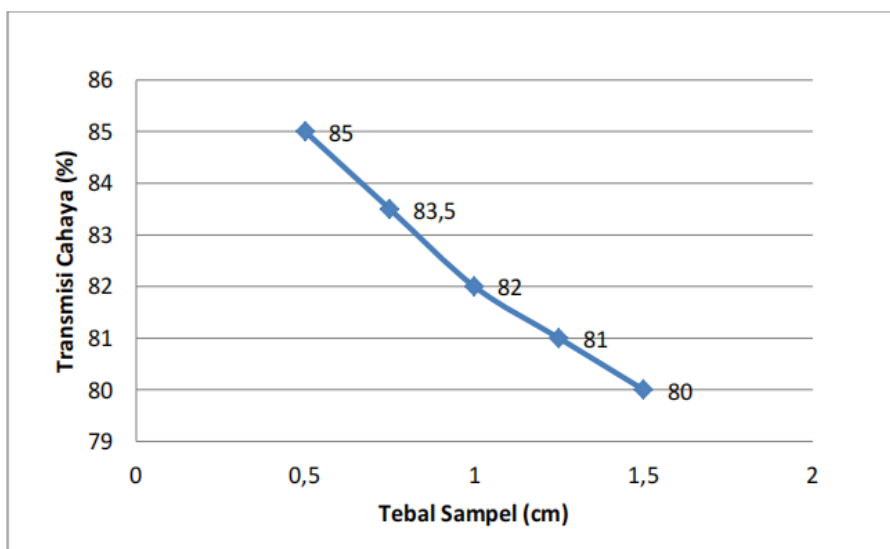
Nilai densitas masing – masing sampel dengan penambahan variasi komposisi timbal asetat (Pb), dapat dilihat pada Gambar 1.



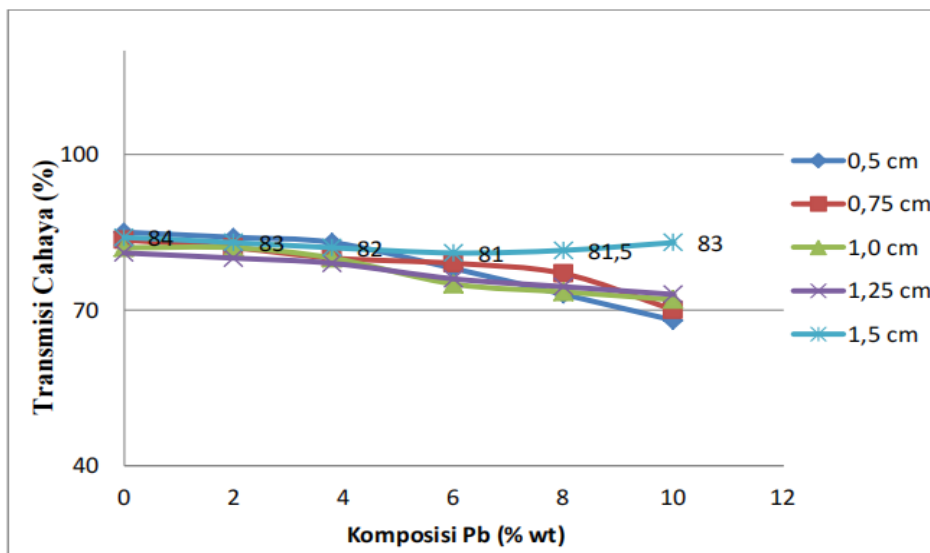
Gambar 1. Grafik Densitas vs Komposisi Timbal Asetat mengacu pada standar ISO tentang kaca timbal

**Transmisi cahaya vs komposisi sampel mengacu pada ISO tentang kaca timbale**

Telah dilakukan pengujian sampel terhadap kemampuan perisai radiasi meneruskan cahaya. Pengukuran transmisi cahaya pada setiap sampel perisai radiasi dilakukan dengan menggunakan sumber pencahayaan dari medis LED dengan alat ukur transmisi cahaya Lux meter. Hasil pengukuran transmisi cahaya dapat ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Grafik hubungan transmisi cahaya vs tebal sampel mengacu pada ISO tentang kaca timbal

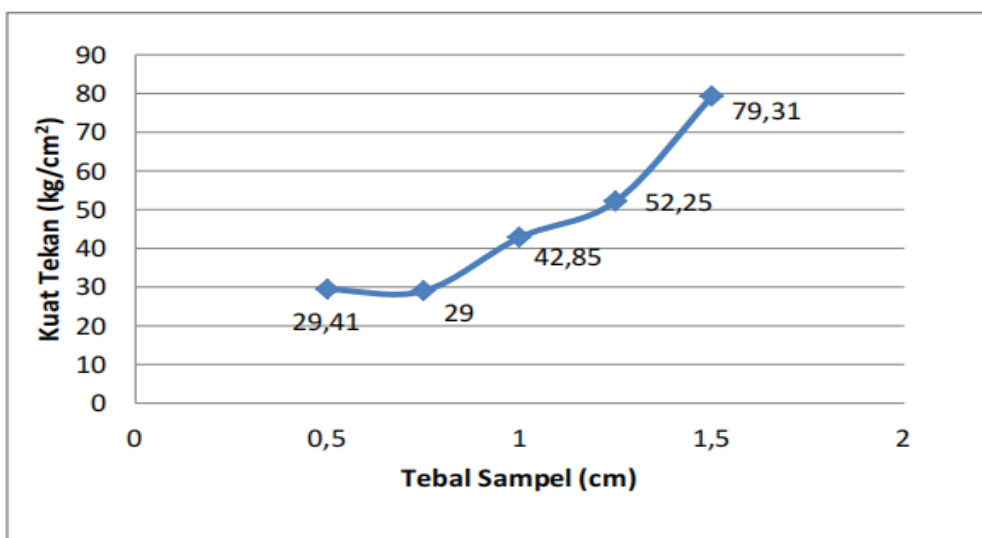


Gambar 3. Grafik hubungan transmisi cahaya vs komposisi sampel mengacu pada ISO tentang kaca timbale

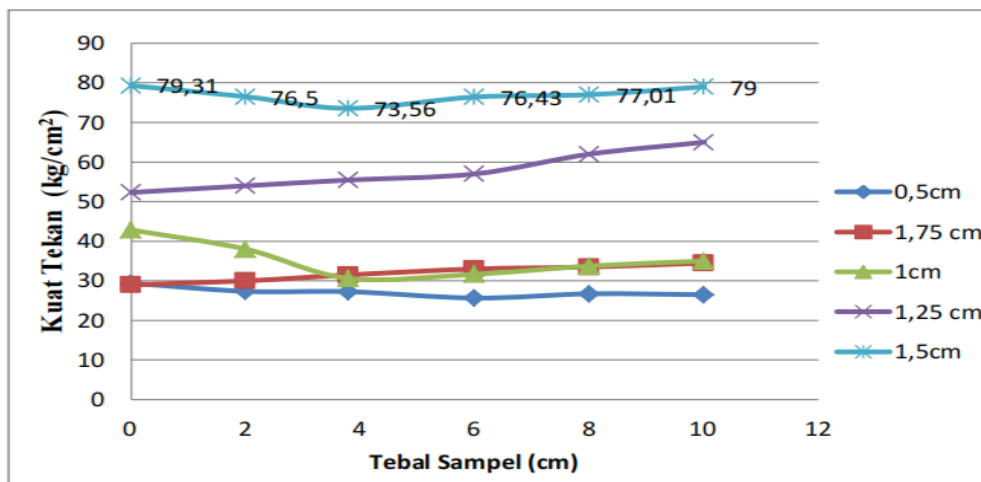
**Pengujian kuat tekan pada Japan Industri Standart**

Telah dilakukan pengujian kuat tekan pada sampel perisai radiasi untuk variasi tebal dan komposisi bahan. Pengujian kuat tekan pada setiap sampel perisai radiasi dilakukan dengan menggunakan alat uji Maekawa Testing

Machine. Hasil pengujian kuat tekan dapat ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Dari Gambar grafik terlihat bahwa nilai kuat tekan sampel semakin besar seiring dengan bertambahnya ketebalan sampel [4].



Gambar 4. Grafik kuat tekan vs tebal sampel mengacu pada Japan Industrial Standart

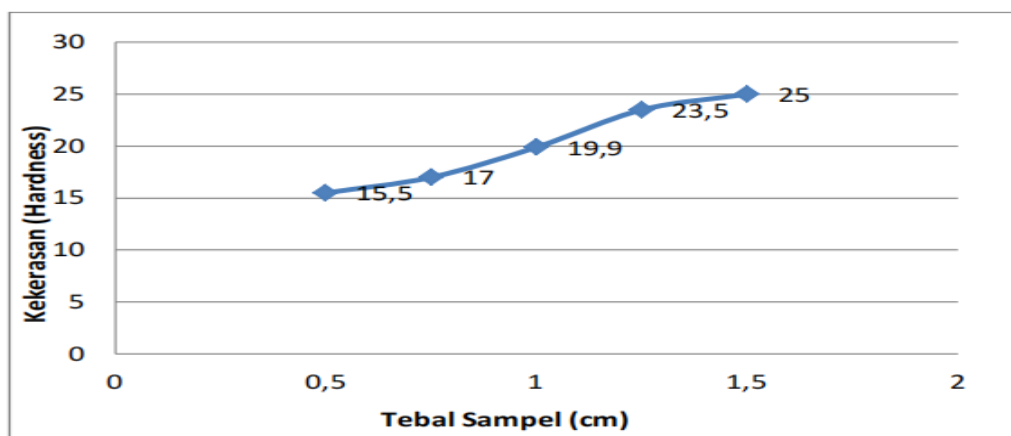


Gambar. 5 Grafik kuat tekan vs komposisi sampel mengacu pada Japan Industrial Standart

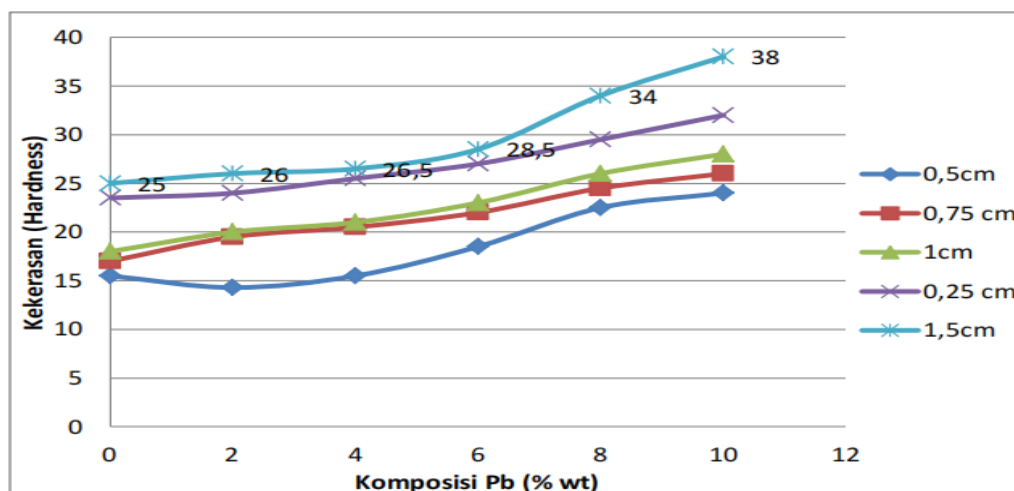
**Pengujian Kekerasan (Hardness)**

Telah dilakukan pengujian kekerasan sampel perisai radiasi untuk variasi tebal dan komposisi. Pengujian kekerasan sampel

dilakukan dengan menggunakan metode Rockwell. Hasil pengujian kekerasan dapat ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar. 6 Grafik kekerasan sampel vs tebal sampel



Gambar. 7 Kekerasan sampel vs tebal sampel mengacu pada Japan Industrial Standart

## Pembahasan

Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai densitas untuk setiap sampel perisai dengan penambahan komposisi timbal asetat, mengalami peningkatan nilai densitas sampel. Nilai densitas sampel terkecil yaitu 0,67 gr/cm<sup>3</sup> pada komposisi 95: 0: 5 % wt Pb dengan tebal sampel 0,5cm dan nilai densitas sampel terbesar yaitu 1,9 gr/cm<sup>3</sup> pada komposisi 85: 10: 5 % wt Pb dengan tebal 1,5cm merupakan nilai densitas sampel terbaik. penambahan komposisi timbal asetat sebagai filler perisai radiasi sinar-X dan bahan dasar polyester resin dapat meningkatkan nilai densitas sampel [3], [7], [10], [11]. Jika dibandingkan dengan nilai densitas perisai radiasi yang telah ditentukan sesuai Standart ISO tentang kaca timbal dan timbal akrilik, bahwa nilai densitas sampel pada komposisi tersebut memenuhi syarat jika dibandingkan dengan nilai densitas timbal akrilik 1,6 gr/cm<sup>3</sup>.

### Transmisi Cahaya

Dari Gambar grafik 2 terlihat bahwa nilai transmisi cahaya yang diteruskan setelah melewati sampel perisai radiasi polyester resin mengalami penurunan nilai persentase transmisi cahaya seiring dengan bertambahnya tebal sampel. Nilai transmisi cahaya paling tinggi yaitu 85% pada tebal sampel 0,5 cm dan nilai transmisi cahaya terendah berada pada 80% dengan tebal sampel 1,5 cm [9]. Hal ini memperlihatkan bahwa dengan bertambahnya ketebalan sampel, nilai transmisi cahaya yang dihasilkan semakin menurun, dipengaruhi oleh semakin besar cahaya yang diserap oleh sampel, namun pada sampel dengan tebal 1,5 cm nilai transmisi cahaya masih sesuai dengan ketentuan standar ISO tentang kaca timbal.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai transmisi cahaya yang dapat diteruskan setelah melewati setiap sampel perisai radiasi polyester resin mengalami penurunan nilai dari transmisi cahaya sebanding dengan penambahan komposisi sampel. Nilai transmisi cahaya paling tinggi yaitu 85% dengan tebal sampel 0,5 cm, namun sampel ini tidak memenuhi syarat sebagai perisai radiasi dan nilai transmisi cahaya tertinggi berikutnya yaitu 83% dengan tebal sampel 1,5 cm pada komposisi 85:10:5 % wt Pb dimana sampel ini memenuhi syarat sebagai perisai radiasi, karena pada pengujian daya serap radiasi sampel ini memiliki daya serap yang tinggi. Nilai transmisi cahaya terendah yaitu pada sampel 85:10:5 % wt dengan tebal sampel 0,5 cm. Hal ini disebabkan karena timbal yang larut dengan polyester resin yang mengakibatkan tingkat transparan sampel

berkurang sehingga cahaya yang diserap semakin meningkat.

Sebelumnya telah dilaporkan hasil penelitian yang menunjukkan nilai daya tembus sampel seiring dengan bertambahnya konsentrasi timbale mengalami penghamburan yang cukup besar pada sampel dengan konsentrasi 4.75% dimana sampel tersebut memiliki kandungan timbale yang lebih pekat<sup>9</sup>.

### Uji Mekanik (Kuat Tekan)

Pada sampel perisai radiasi dengan tebal 1,5cm merupakan sampel yang memiliki kuat tekan terbesar dari sampel lainnya yaitu 79,3 kg/cm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa tebal perisai radiasi dengan bahan dasar polyester resin memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan yang tinggi pada material komposit[5], [12], [13]

Dari Gambar 5 terlihat bahwa nilai kuat tekan sampel setelah menambah komposisi timbal asetat, mengalami penurunan jika dibandingkan dengan sampel sebelum ditambah timbal asetat. Hal ini disebabkan karena semakin besar pori-pori pada pada sampel perisai radiasi, sehingga mengakibatkan daya ikat antara bahan polyester resin dengan timbal asetat semakin menurun. Namun jika dilihat dari fungsi sampel sebagai perisai radiasi nilai kuat tekan yang dihasilkan telah memenuhi syarat

Sebelumnya telah dilaporkan hasil penelitian nilai kekuatan tekan yang semakin menurun seiring bertambahnya komposisi dimana dengan komposisi 100% acrylic 138.10 Å ± 9.14 MPa, 10% Pb 91.85 Å ± 7.40 MPa, 20% Pb 54.23 Å ± 5.65 MPa dan 30% Pb 78.75% Å ± 6.88 M.Pa<sup>5</sup>[1], [10], [12], [14].

### Uji Kekerasan (Hardness)

Dari Gambar 6 terlihat bahwa nilai kekerasan sampel semakin tinggi seiring dengan bertambahnya ketebalan sampel perisai radiasi. Nilai perbedaan kekerasan dengan variasi tebal sampel memiliki perbedaan yang sangat jauh karena saat pengujian sampel dengan metode rockwell pada tiga titik yang berbeda untuk setiap sampel memiliki nilai yang tidak merata. Hal ini disebabkan karena homogenitas sampel yang berbeda [13].

Dari Gambar grafik diatas terlihat bahwa nilai kekerasan sampel memiliki kenaikan nilai kekerasan namun tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan hasil pengujian kekerasan sampel tanpa komposisi timbal asetat. Sehingga grafik hubungan kekerasan sampel setelah penambahan komposisi timbal asetat tidak menunjukkan perbedaan nilai kekerasan yang signifikan[3], [7], [14].

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain nilai densitas perisai radiasi berbahan dasar polyester resin dan timbal asetat diperoleh nilai densitas terbaik dengan nilai 1,9 gr/cm<sup>3</sup>. Densitas meningkat seiring dengan variasi tebal dan komposisi. Jika dibandingkan dengan standart ISO tentang kaca timbal dan timbal akrilik, nilai densitas tersebut telah memenuhi syarat. Nilai transmisi cahaya pada setiap sampel perisai radiasi dengan variasi tebal dan komposisi sampel menunjukkan penurunan nilai transparan, namun sampel 1,5 cm dengan komposisi (87:10:5) % wt memiliki nilai transmisi cahaya 83% dan masih memenuhi syarat sesuai dengan standart ISO tentang kaca timbal. Hasil pengujian mekanik nilai uji tekan dan uji kekerasan sampel semakin meningkat, seiring dengan penambahan *filler* dan tebal sampel.

Sebaiknya dilakukan pengujian daya serap air dari sampel perisai radiasi untuk mengetahui besar daya serap maksimum dari setiap sampel. Selain itu untuk menghindari adanya gelembung udara pada sampel perisai radiasi, sebaiknya pada saat pencetakan sampel dilakukan dengan metode pengemasan vakum karena akan berpengaruh terhadap homogenitas untuk menentukan nilai koefisien atenuasi linier bahan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Yayasan Sinar Amal Bhakti Medan dan Murni Teguh Memorial Hospital atas bantuan dana operasional penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Martem, D. Milvita, H. Yulianti, and D. Kusumawati, "Pengukuran Dosis Radiasi Ruang Radiologi Ii Rumah Sakit Gigi Dan Mulut (Rsgm) Baiturrahmah Padang Menggunakan Surveymeter Unfors-Xi," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 4, no. 4. 2015.
- [2] A. Hayani, and E. Kunarsih, "Integrasi Sistem Manajemen dan Standar Mutu pada Produksi Pesawat Sinar X Radiologi Diagnostik", *Seminar Keselamatan Nuklir*, ISSN: 1412-3258, 2013.
- [3] Z. Alatas, "Efek Pewarisan Akibat Radiasi Pencil," *Buletin Alara*, vol. 8, no. 2, pp. 65-74, 2006.
- [4] Rudi, Pratiwi, and Susilo, "Pengukuran Paparan Radiasi Pesawat Sinar - X Di Instalasi Radiodiagnostik Untuk Proteksi Radiasi", *Unnes Physics Journal*, vol.1, no.1, pp. 20-24, 2012.
- [5] M. Yoel, L. Susanto, H. dan C. Anam, "Pengukuran Laju Paparan Radiasi Sinar-X pada Ruang Operator RSUD. Prof.DR.W.Z. Johannes Kupang", Universitas Diponegoro, Semarang, 2013
- [6] T. Susanti, "Komposit Polyester timbal sebagai Material Proteksi Radiasi untuk Pengganti Kaca Timbal", Universitas Negeri Semarang, Jawa Tengah, 2015.
- [7] Ristonno, Bambang dan N. Azkha, "Regulasi dan Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Rumah Sakit di Provinsi Sumatera Barat", *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, vol. 4, no. 1, pp. 1-7, 2010.
- [8] P. Juwita, "Studi Pembuatan Peranngkat DGT (Diffusive Gradient In Thin Film) Dengan Chelex-100 Dan Poli (Asam) Akrilat Binding Gel Untuk Pengukuran Logam Labil Timbal", Universitas Indonesia, Depok, 2021.
- [9] R. T. Sataloff, M. M. Johns, and K. M. Kost, *Reverse Design: Half-life*, 2019.
- [10] JS. Rudi, "Pengukuran Paparan Radiasi Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiodiagnostik untuk Proteksi Radiasi", STIKES An-Naser Kaliwades, Cirebon. Jawa Barat, 2012.
- [11] P. Juwita, "Studi Pembuatan Perangkat DGT (Diffusive Gradient in Science and Technology", *Jurnal Fmipa UI*, vol.2, no.5, pp.45-55, 2012.
- [12] T. Dianasari and H. Koesyanto, "Penerapan Manajemen Keselamatan Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit," *Unnes Journal of Public Health*, vol. 6, no. 3, p. 174, 2017.
- [13] S. Yulianti, "Penentuan Faktor Eksposi Mesin Radiografi Konvensional di Laboratorium Fisika Medik UNNES," pp. 1-84, 2014.
- [14] S. M. R. Bisio and M. I. Vidovich, "Radiation protection in the cardiac catheterization laboratory," *Journal of Thoracic Disease*, vol. 12, no. 4, pp. 1648-1655, 2020.
- [15] Midel Yoel, L. Susanto, H. dan Anam, "Pengukuran Laju Paparan Radiasi Sinar-X pada Ruang Operator RSUD. Prof.DR.W.Z. Johannes Kupang", *Youngster Physics Journal*, 2013.