

**MATERIAL ANALYSIS OF LEAD APRONS USING  
RADIOGRAPHY NON-DESTRUCTIVE TESTING  
(ANALISA BAHAN LEAD APRON MENGGUNAKAN METODE  
RADIOGRAFI PENGUJIAN TANPA MUSNAH)**

Tengku Mohammad Yoshandi<sup>1\*</sup>, Hadi Eka Hamdani<sup>1</sup>, Annisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>STIKes Awal Bros Pekanbaru

\*corresponding author: tm.yoshandi@gmail.com

**ABSTRACT**

*The Lead Apron is a piece of Personal Protective Equipment (PPE) that protects its user against the effects of ionizing radiation which is common in things such as the X-ray. It is essential for the radiation worker to wear Radiation Protection Equipment during commissions involving ionizing radiation. In the city of Pekanbaru in Indonesia, the most common type of radiation worker is the radiographer who usually provides assistance in the diagnostic process in hospitals. In this study, there were 6 Lead Aprons that were analyzed which were also suspected to have faults due to inappropriate care. Radiography methods have the advantage of graphic presentation of objects unlike any other NDT-methods. The resultant radiographs were analyzed using Computed Radiography (CR) and measured in regard to the defection of the material. There were only 3 of the 6 Lead Apron that were deemed appropriate for radiation protection.*

*Keyword: Radiography, NDT, Lead Apron, Material*

**ABSTRAK**

*Lead Apron adalah Alat Pelindung Diri (APD) untuk melindungi penggunaanya dari efek radiasi pengion seperti X-ray. Pekerja Radiasi dalam melakukan pekerjaannya harus selalu menggunakan Alat Pelindung Diri dari radiasi. Pekerja radiasi terbanyak yang berada di Kota Pekanbaru, Indonesia adalah radiografer yang membantu melakukan diagnosa di Rumah Sakit. Penelitian ini Lead Apron menganalisa 6 Lead Apron yang dicurigai memiliki kecacatan dilihat dari cara perawatan yang tidak sesuai. Radiografi memiliki keuntungan terhadap presentasi grafis dari objek yang diuji daripada metode NDT lainnya. Radiograf yang dihasilkan dianalisa menggunakan Computed Radiography (CR) dan diukur kecacatan dari materialnya. Hanya 3 dari 6 Lead Apron yang layak digunakan untuk proteksi radiasi.*

*Keyword: Radiografi, NDT, Lead Apron, Bahan*

**PENDAHULUAN**

*Lead Apron adalah Alat Pelindung Diri (APD) yang melindungi pekerja radiasi dari bahaya efek radiasi pengion. Meskipun begitu, penggunaan Lead Apron belum tentu*

*dapat mengurangi efek stokastik dari radiasi pengion. efek stokastik dapat terjadi walaupun dosis radiasi yang diterima kepada pekerja sangat kecil atau di dalam batas ambang yang*

telah ditentukan oleh PERKA BAPETEN No 4 Tahun 2020.

Lead Apron yang biasa digunakan pada pelayanan radiologi adalah apron yang membungkus pekerja radiasi untuk melindungi pekerja saat membelakangi pasien atau sumber radiasi. Lead apron mempunyai dua jenis yaitu *single piece* apron yang mudah untuk digunakan dan cocok untuk penggunaan singkat, dan *two pieces* apron yang terdiri dari *vest* dan *skirt* (Lakhwani et al., 2019). Bahan yang melapisi lead apron adalah timah hitam ( $Z=82$ ) dengan ketebalan 0,25 – 0,5 mm atau bahan yang setara dengan ketebalan timah hitam (Badan Pengawas Tenaga Atom Nasional, 2020). Ketebalan ini dapat memberikan jumlah atenuasi radiasi sebesar 90 – 95% (Nicol et al., 2018).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Oyar & Kislalioglu (2011), 85% kerusakan yang terjadi kepada lead apron adalah akibat dari penyimpanan yang tidak baik, terlipat dan tertinggal tanpa dipantau kembali.

Penyimpanan dan perawatan lead apron harus dilakukan untuk mempertahankan integritas bahan (Oyar & Kislalioglu, 2012). Hindari dari terjatuh, penumpukan, dan terlipat. Lead apron sebaiknya disimpan dalam keadaan datar tanpa lipatan atau digantung pada hanger dan rak yang telah didesain dengan baik untuk menghindari terjadinya kerusakan pada bahan (Lakhwani et al., 2019). Pada penelitian ini lead apron yang dipilih untuk dianalisa bahannya adalah yang dicurigai tidak mendapatkan perawatan dan penyimpanan yang baik.

#### ***Pengujian Tanpa Musnah (NDT)***

Pengujian Tanpa Musnah (NDT) dilakukan untuk melihat kerusakan, kecacatan dan keretakan pada suatu bahan yang akan diuji tanpa membelah atau merusak bahan. Perlunya pengujian adalah untuk memastikan bahan selamat untuk digunakan dan juga salah satu bentuk kendali mutu.

Tabel 1. Kelebihan dan kekurangan teknik NDT yang biasa digunakan (Dwivedi et al., 2018)

<b>Teknik</b>	<b>Kemampuan</b>	<b>Limitasi</b>
Inspeksi Visual	Kecacatan permukaan makroskopik	Kecacatan kecil sulit dideteksi, tidak dapat melihat kecacatan di bawah permukaan
Microscopy	Kecacatan permukaan kecil	Tidak dapat digunakan untuk benda yang besar, tidak dapat melihat kecacatan di bawah permukaan
Radiografi	Kecacatan di bawah permukaan	Kecacatan terkecil terdeteksi hanya 2% dari ketebalan bahan, memerlukan proteksi radiasi, tidak dapat melihat kecacatan di bawah permukaan untuk bahan berpori
Dye Penetrate	Kecacatan permukaan	Tidak dapat melihat kecacatan di bawah permukaan juga bukan untuk bahan berpori

Ultrasonic	Kecacatan di bawah permukaan	Bahan harus terbuat dari konduktor suara yang baik
Partikel magnetic	Kecacatan permukaan	Terbatas kemampuan melihat kecacatan di bawah permukaan, hanya terbatas untuk bahan ferromagnetic
Eddy Current untuk logam	Kecacatan permukaan dan dekat permukaan	Sulit untuk diinterpretasikan untuk beberapa penggunaan, untuk bahan logam saja
Emisi akustik	Dapat menganalisa seluruh struktur	Sulit untuk diinterpretasikan, perlengkapan yang mahal

Pengujian tanpa musnah dilakukan dengan banyak metode tergantung terhadap bahan dan kecacatan yang ingin diinspeksi. Variasi metode NDT memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Tabel.1 menunjukkan metode-metode NDT, kelebihan, dan kekurangannya.

Radiografi menggunakan gelombang elektromagnetik pendek yang melewati bahan dan selanjutnya ditangkap oleh detektor (Jolly et al., 2015). Radiografi memiliki keuntungan dari metode NDT lainnya. Radiografi memberikan rujukan permanen (radiograf) dari objek yang diuji (Dwivedi et al., 2018). Pengujian radiografi yang biasa digunakan adalah dengan menggunakan x-ray dan sinar gamma. Namun, x-ray yang banyak digunakan dalam radiografi karena sinar gamma memiliki masalah keamanan. Sinar gamma tidak seperti x-ray yang dapat dikontrol, sinar gamma akan selalu terpancar dari radionuklida secara terus menerus sehingga mengharuskan untuk mengimplementasikan kebijakan proteksi radiasi tambahan (Yoshandi, 2020).

Penggunaan radiografi sangat baik untuk melihat tipe kecacatan bahan seperti delaminasi, dan

keretakan makro dan/atau mikro. Kerusakan fiber, porosity, kekosongan (voids), dan inklusi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Jolly et al. (2015), metode radiografi memberikan hasil yang baik dalam menghasilkan data yang reliabel dalam pendeteksian kecacatan dalam bahan dibandingkan dengan metode ultrasonik dan termografi. Namun, metode radiografi ini lebih relative mahal dibandingkan dengan metode lainnya.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan desain pendekatan observasi. Penelitian dilakukan pada salah satu Rumah Sakit yang ada di kota Pekanbaru. Penelitian diawali dengan melakukan observasi terhadap apron yang dicurigai memiliki kecacatan diakibatkan dari kelalaian atau cara perawatannya yang tidak sesuai. Didapatkan 6 apron yang dicurigai memiliki kecacatan atau kerusakan pada bahannya.

Tabel 2. Spesifikasi lead apron yang diuji

Label	Warna	Ketebalan Pb (mm)	Umur (tahun)
1	Electric blue	0,25	6

2	Electric blue	0,25	7
3	Electric blue	0,25	7
4	Light blue electric	0,35	2
5	Electric blue	0,25	4
6	Electric blue	0,35	7



Gambar 1. Lead apron yang dicurigai mempunyai kerusakan

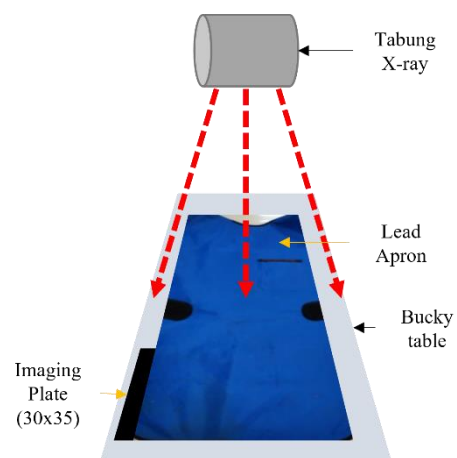
Radiografi dilakukan dengan menggunakan sumber radiasi tabung x-ray merk Toshiba yang diproduksi pada tahun 2010 dengan menggunakan tegangan 70 kV dan arus 400 mA. Detektor untuk penelitian ini adalah imaging plate (IP) dengan ukuran sebesar 35 cm x 45 cm. Jarak sumber kepada apron (SID) adalah 100 cm. Apron diletakkan pada bucky table yang telah ditandai dengan 4 kuadran penyinaran. Hasil Radiografi dibaca menggunakan Computed Radiography (CR) merk Fuji Film dan dianalisa kerusakannya dengan

bantuan feature yang tersedia pada CR.



Gambar 2. Penempatan kuadran pada Lead Apron

Kecacatan atau kerusakan yang terlihat pada CR dicatat dan diukur luasnya dengan menggunakan *ruler tool*. Kriteria terhadap kerusakan yang dapat ditoleransi untuk penelitian ini adalah jika luas keseluruhan kecacatan (retak, lipatan, voids, dll) tidak melebihi 670 mm<sup>2</sup> atau setara dengan 29 mm radius lingkaran (Lambert & McKeon, 2001).



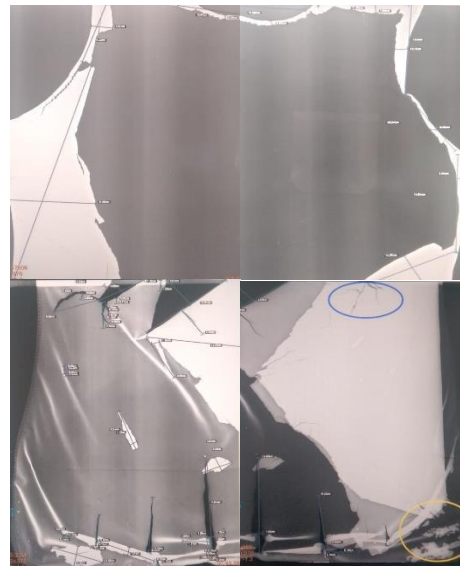
Gambar 3. Skema radiografi lead apron

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pengujian radiografi dilakukan, apron diperiksa dengan metode inspeksi visual. Metode ini membantu untuk melihat apakah kerusakan dapat dilihat tanpa alat bantu apapun (Dwivedi et al., 2018). Inspeksi visual dilakukan dengan membentangkan lead apron dan melihat kuadran inspeksi terhadap ada atau tidaknya kerusakan yang dilihat secara kasat mata.

Inspeksi visual menunjukkan keadaan fisik yang tidak baik dari sampel. Sampel 1,2, dan 3 mempunyai banyak bercak putih pada apron. Sampel ini juga menunjukkan tanda-tanda adanya keretakan, namun tidak terlihat jelas secara visual. Untuk mendapatkan hasil visual keretakan, maka metode pengujian radiografi harus dilakukan.

Setelah pengujian radiografi dilakukan, maka didapatkanlah radiograf dari 6 sampel. Radiograf menunjukkan secara jelas keretakan, lipatan, dan koyakan bahan timah hitam pada sampel 1, 2, dan 3. Kecacatan pada bahan tidak ditemukan pada sampel 4, 5, dan 6. Kecacatan pada sampel diukur dengan menggunakan *ruler tools* pada CR untuk mengetahui kelayakan penggunaan sampel. Jumlah dari kecacatan tidak boleh melebihi dari  $670 \text{ mm}^2$ . Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 4. Radiograf kuadran 1, 2, 3, dan 4 pada sampel 1

Tabel 3. Hasil pengujian lead apron

Label Lead apron	Kuadran Lead apron	Hasil Pengujian	Hasil pengukuran ( $\text{mm}^2$ )
	1	Tidak ditemukan kerusakan	-
	2	Tidak ditemukan kerusakan	-
1	3	Rips	4.811,07
		Cracks	1.447,41
	4	Fault	1.714,76
		Cracks	1.580,57
2	1	Cracks	171,06
	2	Cracks	457,94

	3	Cracks	20,47
	4	Cracks	51,2
	1	Fault	1.014,05
		Cracks	166,8
	2	Fault	1.082,94
		Cracks	373,28
3		Hole	913,5
	3	Fault	9,37
		Cracks	1034,94
		Hole	1,9
	4	Cracks	745,13
4	1,2,3,4	Tidak ditemukan kerusakan	-
5	1,2,3,4	Tidak ditemukan kerusakan	-
6	1,2,3,4	Tidak ditemukan kerusakan	-

Luas kecacatan pada sampel 1, 2, dan 3 melebihi dari  $670 \text{ mm}^2$ . Lead apron ini tidak dapat digunakan untuk melindungi pekerja dari radiasi langsung maupun tidak langsung. Penggunaan lead apron ini disarankan untuk dimusnahkan. Penyimpanan lead apron ini seharusnya tidak dibiarkan terletak dan digantung di tempat yang tidak layak. Lead apron ini juga memiliki umur penggunaan yang sudah cukup lama.

Sampel 4, 5, dan 6 tidak dijumpai adanya kecacatan. Lead apron selamat untuk digunakan bekerja atau sebagai pelindung pendamping pasien dalam pelayanan radiologi. Lead apron ini memiliki metode penyimpanan yang baik. Lead apron 4, dan 6 disimpan ditempat yang datar dan tidak terlipat. Lead apron 5 disimpan dalam keadaan digantung pada rak pasien, namun tidak ditemukan adanya kerusakan pada apron. Umur pemakaian pada lead apron 5 masih tergolong baru. Walaupun penyimpanan digantung tidak dengan rak khusus, tidak ditemukan adanya kecacatan pada lead apron 5.

Lead apron mengalami kerusakan dikarenakan metode penyimpanan dan perawatan yang tidak tepat. Meskipun cara penyimpanan tidak tepat, lead apron 5 tidak dijumpai kerusakan. Hal ini dapat diperkirakan karena lama pemakaian lead apron yang masih dikategorikan baru. Namun hal ini tidak dapat dijadikan sebagai faktor yang mempengaruhi integritas dari lead apron. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya, umur pemakaian tidak pernah dikaitkan dari faktor yang mempengaruhi integritas lead apron.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari penelitian diatas, dari 6 sampel yang telah dianalisa hanya 3 yang memiliki kecacatan yang melebihi standar toleransi. Sampel 1, 2, dan 3 memiliki kerusakan yang sangat besar, namun untuk apron 4, 5, dan 6 tidak dijumpai kerusakan pada *apron* yang analisa.

### SARAN

Bahan timah hitam pada lead apron sangatlah tipis dan sangat mudah untuk terkoyak atau retak. Perawatan dan cara penyimpanan harus diperhatikan agar integritas dari lead apron dapat terjaga.

Lead apron yang sudah lama dipakai masih dapat digunakan sebagai proteksi radiasi dengan metode perawatan dan penyimpanan yang tepat. Hal ini sangat penting untuk menjaga usia ketahanan dari lead apron.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawas Tenaga Atom Nasional. 2020. *PERKA BAPETEN No 4 Tahun 2020*.
- Dwivedi, S. K., Vishwakarma, M., & Soni, P. A. 2018. Advances and Researches on Non Destructive Testing: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 3690–3698. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.620>
- Jolly, M., Prabhakar, A., Sturzu, B., Hollstein, K., Singh, R., Thomas, S., Foote, P., & Shaw, A. 2015. Review of Non-destructive Testing (NDT) Techniques and their Applicability to Thick Walled Composites. *Procedia CIRP*, 38(June 2016), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.07.043>
- Lakhwani, O. P., Dalal, V., Jindal, M., & Nagala, A. 2019. Radiation protection and standardization. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 10(4), 738–743. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.08.010>
- Lambert, K., & McKeon, T. 2001. Inspection of lead aprons: Criteria for rejection. *Health Physics*, 80(5 SUPPL.), 67–69. <https://doi.org/10.1097/00004032-200105001-00008>
- Nicol, A. L., Chung, B. A., & Benzon, H. T. 2018. Fluoroscopy and Radiation Safety. In *Essentials of Pain Medicine* (Fourth Edi). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-40196-8.00077-2>
- Oyar, O., & Kışlalioğlu, A. 2012. How protective are the lead aprons we use against ionizing radiation? *Diagnostic and Interventional Radiology*, 18(2), 147–152. <https://doi.org/10.4261/1305-3825.DIR.4526-11.1>
- Sari, Oktavia Puspita, Dasril, Dila Nelvo, Nisa, Chairun, A. 2020. Pengujian Kebocoran Apron Tahun 2019. *Jurnal Imejing Diagnostik*, 6, 65–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.31983/jimed.v6i2.5826>
- Yoshandi, T. M. 2020. The Fusion Effect of Computed Radiography Image of Welding Plate Different in Power to Its Quality. *Journal of Renewable Energy & Mechanics (REM)*, 3(02), 71–77. [https://doi.org/10.25299/rem.2020.vol3\(02\).5225](https://doi.org/10.25299/rem.2020.vol3(02).5225)