

**UJI KEBOCORAN LEAD APRON DI INSTALASI RADIOLOGI
RSUD PADANG PARIAMAN TAHUN 2025**

Karya Tulis Ilmiah

Diajukan ke Program Studi DIII Radiologi Fakultas Vokasi
Universitas Baiturrahmah Sebagai Pemenuhan Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Ahli Madya Kesehatan (Radiologi)



DISUSUN OLEH :
GINA KAMELIA PUTRI
2210070140026

**PROGRAM STUDI DIII RADIOLOGI
FAKULTAS VOKASI
UNIVERSITAS BAITURRAHMAM
PADANG
2025**



FAKULTAS VOKASI
Universitas Baiturrahmah

Jl. Raya By Pass KM.15 Aie Pacah Koto Tangah - Padang,
Sumatera Barat Indonesia 25158
(0751) 463529
dekanat@fv.unbrah.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa saya bersedia menjadi dosen pembimbing Karya Tulis Ilmiah (KTI) atas nama mahasiswa :

Nama : Gina Kamelia Putri

NPM : 2210070140026

Judul : UJI Kebocoran Lead Apron Di Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman.

Demikian surat pernyataan saya buat dengan sebenarnya, dan dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Padang,

Yang membuat pernyataan

Nerifa Dewilza, S.Si, M.Tr.Kes

Mengetahui,
Fakultas Vokasi
Universitas Baiturrahmah

Dekan

Ketua Prodi DIII Radiologi

Oktavia Puspita Sari, Dipl.Rad.S.Si.M.Kes

Oktavia Puspita Sari, Dipl.Rad.S.Si.M.Kes

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Karya Tulis : Uji Kebocoran Lead Apron Di Instalasi Radiologi RSUD

Padang Pariaman Tahun 2025

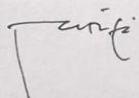
Nama : GINA KAMELIA PUTRI

NPM : 2210070140026

Dinyatakan layak untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir/Karya Tulis Ilmiah di
Program Studi DIII Radiologi Fakultas Vokasi Universitas Baiturrahmah Padang.

Padang, 8 Oktober 2025

Pembimbing



Nerifa Dewilza. S.Si, M.Tr. Kes

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Karya Tulis : Uji Kebocoran Lead Apron Di Instalasi Radiologi RSUD

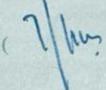
Padang Pariaman

Nama : Gina Kamelia Putri

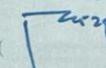
NPM : 2210070140026

Telah diujikan pada Ujian Tugas Akhir / Karya Tulis Ilmiah oleh Dewan Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal 16 Oktober 2025

DEWAN PENGUJI

1. Penguji I : Noviardi Prima Putra, M.Kom ()

2. Penguji II : Chairun Nisa, S.Pd,M.Si ()

3. Pembimbing/(Ketua : Nerifa Dewilza, S.Si.M.Tr.Kes siding/penguji)/Moderator ()

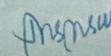
Mengetahui

Fakultas Vokasi
Universitas Baiturrahmah
Dekan,



Oktavia Puspita Sari, Dipl.Rad, S.Si, M.Kes Oktavia Puspita Sari, Dipl.Rad, S.Si, M.Kes

Program Studi DIII Radiologi
Ketua,



PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya Tulis saya, Tugas akhir berupa KTI dengan judul " Uji Kebocoran Lead Apron Di Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman Tahun 2025" adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya Tulis ini, murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 16 Oktober 2025
Yang membuat pernyataan

Gina Kamelia Putri
2210070140026

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat dan Rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Ahli Madya Kesehatan.

Keberhasilan dalam penulisan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari berbagai bantuan pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Untuk yang teristimewa orang tua saya, Papa Novril yang selalu memberikan dukungan penulis berupa moril maupun materil yang tak terhingga serta doa yang tidak ada putusnya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis seingga selesai, semoga Allah SWT selalu mengiringi kehidupanmu yang barokah, senantiasa diberi Kesehatan dan Panjang umur.
2. Pintu surgaku dan cinta pertamaku, Mama tercinta Riska Hayati yang selalu menjadi sandaran terkuat dari keras nya dunia, yang tidak henti hentinya memberikan kasih saying dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi yang luar biasa. Terimakasih untuk do'a dan dukungan nya sehingga penulis bisa berada di titik ini, sehat selalu dan Panjang umur karna Mama harus selalu ada di setiap perjuangan dan pencapaian hidup penulis.
3. Teruntuk saudara kandungku, Muhammad Fadil Novika, terimakasih selalu memberi dorongan dan motivasi hingga bisa ke tahap saat ini. Tumbuhlah menjadi versi paling hebat, Adikku.
4. Dosen sekaligus pembimbing Karya Tulis Ilmiah, Nerifa Dewilza,S.Si,M.TR.Kes, yang telah dengan sabar dan penuh dedikasi

membimbing penulis dalam proses penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini. Ucapan terimakasih yang sebesar besarnya penulis sampaikan atas segala waktu, perhatian, dan arahan yang ibu berikan , bahkan ketika penulis penulis tidak aktif dan jarang hadir dalam proses bimbingan. Ketulusan serta kepedulian ibu berikan yang senantiasa berusaha membimbing dan mengarahkan penulis menjadi dorongan berharga hingga Karya Tulis Ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Sahabat teristimewa ku, Widya Nurazhari yang bersedia setiap apapun membantu dan bersamai proses penulis dari sejak pertama kenal dari SMP sampai saya memasuki dunia perkuliahan dan sampai detik ini. Terimakasih atas segala bantuan, waktu, support, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis selama ini.
6. Sahabat terbaik penulis Riri, Ohana, Dan Fadila. Yang selalu bersamai serta membantu dalam kerumitan dalam menyusun skripsi penulis. Terimakasih sudah menjadi sahabat yang baik yang selalu memberikan motivasi, arahan dan semangat disaat penulis tidak percaya akan dirinya sendiri dan sempat hilang arah sehingga saat ini penulis dapat menyelesaikan KTI ini secara tepat waktu supaya dapat wisuda Bersama sama. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian, sehat selalu.
7. Seseorang yang tak kalah penting pemilik NPM 2210070140065, Muhammad Abdul Arif menjadi salah satu penyemangat karna selalu ada dalam suka dan duka, dan telah bersamai penulis dari masa SMP sampai detik ini keinginan untuk mempunyai gelar Amd, Kes.Rad sudah tercapai secara tepat

waktu dapat wisuda bersama. Terimakasih telah mendegarkan keluh kesah penulis selalu sabar, support system, maupun bantuan, motivasi, serta menghibur penulis dalam kesedihan, meyakinkan penulis untuk tidak pantang menyerah sehingga penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini terselesaikan.

8. Terakhir, untuk sosok gadis Gina Kamelia Putri, yang selama ini diam diam berjuang tanpa henti, seseorang Perempuan sederhana dengan hati kecil tetapi dengan Impian yang besar. Terimakasih sudah mau menepikan ego dan memilih untuk Kembali bangkit dan menyelesaikan semua ini. Kamu selalu berharga dan telah bertahan hingga saat ini disaat penulis tidak percaya terhadap dirinya sendiri, Ini merupakan pencapaian yang patut dirayakan untuk diri sendiri.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu, dan semoga Allah SWT melimpahkan kurnianya dalam setiap amal kebaikan kita dan diberikan balasan. Aamiin.

Padang, 10 Oktober 2025

Gina Kamelia Putri

**RADIOLOGY DEPARTMENT
VOKASI FACULTY
BAITURRAHMAH UNIVERSITY
The Scientific Paper, 2025**

Gina Kamelia Putri

“Leakage Test of Lead Apron at Padang Pariaman General Hospital in 2025”

vii + 75 pages + 4 table + 12 attachments

ABSTRACT

X-ray radiation plays an important role in the field of radiology for assisting in disease diagnosis; however, it also poses potential hazards due to its ionizing nature. To protect against radiation exposure, personal protective equipment (PPE) such as lead aprons are used. Based on observations at the Radiology Department of Padang Pariaman General Hospital, two Soyee X-Ray lead aprons that have been used since 2015 were found to have never been tested for leakage. Improper storage conditions were suspected to cause internal damage to the lead layers, making testing necessary to ensure their continued safety and feasibility.

This study employed a descriptive quantitative method with direct experimental testing using a diagnostic X-ray unit (Digital Radiography). The samples consisted of two lead aprons with a thickness of 0.5 mm Pb, each divided into six quadrants and exposed to X-rays. The exposure results were analyzed using the measurement tool feature on the DR computer and compared with the standard by Lambert & McKeon (2001), which states that leakage must not exceed 15 mm² in vital areas and 670 mm² in non-vital areas.

The results showed that Lead Apron A only had minor folds within acceptable limits, while Lead Apron B showed small folds and holes in non-vital areas with a damage area of 214 mm², which is still below the maximum allowable limit. Therefore, both lead aprons at Padang Pariaman General Hospital were declared suitable for use. This study emphasizes the importance of conducting regular leakage tests every 12–18 months and ensuring proper storage to maintain the protective effectiveness of lead aprons.

Keywords: Lead Apron, Radiation Leakage, Radiation Protection, Padang Pariaman General Hospital

**PROGRAM STUDI DIII RADIOLOGI
FAKULTAS VOKASI
UNIVERSITAS BAITURRAHMAH
Karya Tulis Ilmiah, 2025**

Gina Kamelia Putri

**UJI KEBOCORAN LEAD APRON DI INSTALASI RADIOLOGI
RSUD PADANG PARIAMAN TAHUN 2025**

vii + 75 halaman + 4 tabel + 12 lampiran

INTISARI

Radiasi sinar-X memiliki manfaat penting dalam bidang radiologi untuk membantu menegakkan diagnosis penyakit, namun juga dapat menimbulkan bahaya karena bersifat pengion. Untuk melindungi diri dari paparan radiasi, digunakan alat pelindung diri (APD) berupa lead apron. Berdasarkan hasil observasi di Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman, ditemukan dua lead apron merek Soyee X-Ray yang digunakan sejak tahun 2015 dan belum pernah diuji kebocorannya. Kondisi penyimpanan yang kurang tepat diduga dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan timbal sehingga perlu dilakukan pengujian untuk memastikan kelayakan penggunaannya.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksperimen langsung menggunakan pesawat sinar-X diagnostik (Digital Radiography). Sampel penelitian terdiri dari dua lead apron dengan ketebalan 0,5 mm Pb yang masing-masing dibagi menjadi enam kuadran, lalu disinari sinar-X. Hasil penyinaran diukur menggunakan fitur tools measure pada komputer DR dan dibandingkan dengan standar Lambert & McKeon (2001) bahwa kebocoran tidak boleh melebihi 15 mm² pada area vital dan 670 mm² pada area non-vital.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lead apron A hanya mengalami lekukan kecil dalam batas toleransi, sedangkan lead apron B memiliki lekukan dan lubang kecil pada area non-vital dengan luas 214 mm², masih di bawah batas maksimum. Dengan demikian, kedua lead apron di RSUD Padang Pariaman dinyatakan masih layak digunakan. Penelitian ini menegaskan pentingnya uji kebocoran rutin setiap 12–18 bulan serta penyimpanan yang benar agar efektivitas proteksi radiasi tetap terjaga.

Kata kunci: Lead Apron, Kebocoran Radiasi, Uji Kelayakan, Proteksi Radiasi, RSUD Padang Pariaman.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ucapan kepada Allah SWT, karena atas nikmat dan karunianya serta limpahan rahmat-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini yang berjudul "**Uji Kebocoran Lead Apron Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit RSUD Padang Pariaman**". Penulisan Karya Tulis Ilmiah di susun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Pendidikan di Program Studi DIII Radiologi Fakultas Vokasi Universitas Baiturrahmah.

Penulis menyadari dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini Terdapat banyak hambatan, namun berkat dukungan dari berbagai pihak Karya Tulis Ilmiah ini dapat diselesaikan. Oleh karna itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Oktavia Puspita Sari, Dipl. Rad, S. Si, M. Kes selaku dekan fakultas vokasi dan ketua prodi DIII Radiologi Universitas Baiturrahmah Padang.
2. Ibu Nerifa Dewilza, S.Si, M. Tr. Kes selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.
3. Seluruh staff dosen Program Studi DIII radiologi yang telah memberikan ilmu selama pendidikan peneliti dan saat penulisan karya tulis ilmiah ini
4. Terimakasih kepada teman-teman radiologi angkatan 2022 yang telah memberi dukungan serta semangat selama duduk dibangku kuliah di kampus Radiografi Universitas Baiturrahmah yang tercinta ini.
5. Kepada semua pihak secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu dan memberikan dukungan terhadap penulis dalam proses pembuatan karya tulis ilmiah ini.

6. Teristimewa kepada kedua orang tua tersayang, penulis menyampaikan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya karena telah memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, serta doa yang tiada henti. Segala pengorbanan, semangat, dan keikhlasan menjadi sumber kekuatan dan inspirasi utama dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

Akhir kata penyusun mohon maaf jika dalam penulisan karya tulis ilmiah ini masih jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan karya tulis ilmiah ini.

Padang, 15 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	xv
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat peneliti	7
1.5 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Sinar-X.....	9
2.1.1 Proses Terjadinya Sinar-X.....	9
2.1.2 Sifat-Sifat Sinar-X.....	10
2.2 <i>Digital Radiography (DR)</i>	12
2.2.1 Pengertian <i>Digital Radiography (DR)</i>	12
2.2.2 Komponen Digital Radiography (DR)	13
2.2.3 Prinsip Kerja <i>Digidal Radiography (DR)</i>	15
2.3 Jaminan Mutu (<i>Qualitu Assurance</i>)	16
2.4 Kendali Mutu (<i>Quality control</i>).....	17
2.5 Efek Biologi	18
2.5.1 Efek Stokastik.....	19
2.5.2 Efek Deterministik.....	19
2.6. Proteksi Radiasi	19
2.6.1 Pengertian Proteksi Radiasi	19
2.6.2 Falsafah Dasar Proteksi Radiasi.....	20
2.6.3 Asas-Asas Proteksi Radiasi	21
2.6.4 Prinsip Dasar Proteksi Radiasi.....	22
2.6.5 Alat Proteksi Radiasi	22
2.7 Perawatan dan Pengujian <i>Lead Apron</i>	26
2.7.1 Perawatan <i>Lead Apron</i>	26
2.7.2 Pengujian <i>Lead Apron</i> menurut <i>Lambert dan McKeon</i> (2001).....	26
2.7.3 Peengujian <i>Lead Apron</i> menurut <i>Brennan et al</i> (2004).....	27

2.7.4 Pengujian <i>Lead Apron</i> menurut Permenkes No. 1250 Tahun 2009	27
2.8 Kerangka Teori.....	29
2.9 Kerangka Konsep	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Jenis Penelitian.....	31
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.3 Populasi dan Sampel	31
3.3.1 Populasi	31
3.3.2 Sampel.....	32
3.3.3 Teknik Penganbilan Sampel	32
3.4 Instrumen Penelitian.....	32
3.4.1 Pesawat Sinar-X	32
3.5 Langkah-Langkah Penelitian	35
3.6 Diagram Alur Penelitian.....	38
3.7 Variabel Penelitian	39
3.8 Teknik Pengumpulan Data	39
3.9 Pengolahan Data.....	40
3.10 Analisis Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Hasil Penelitian	54
4.1.1 Spesifikasi <i>Lead Apron</i> di RSUD Padang Pariaman	55
4.1.2 Hasil Uji Kebocoran <i>Lead Apron A</i>	56
4.1.3 Hasil Uji Kebocoran <i>Lead Apron B</i>	57
4.2 Pembahasan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Terjadinya Sinar-X	12
Gambar 2.2 Produksi Gambaran pada Digital Radiography (DR).....	16
Gambar 2.3 Lead Apron.....	25
Gambar 2.4 Thyroid Shield	26
Gambar 2.5 Gonad Shield	27
Gambar 2.6 Sarung Tangan Pb	27
Gambar 2.7 Kacamata Pb	28
Gambar 2.8 Pesawat Sinar-X	34
Gambar 2.9 Komputer DR	35
Gambar 3.0 Printer	35
Gambar 3.1 Apron A	36
Gambar 3.2 Apron B	36
Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian Lead Apron	37
Gambar 3.4 Pembagian Kuadran pada Lead Apron	38
Gambar 3.14 Diagram Alur Penelitian	39
Gambar 4.1 Kode Lead Apron A	44
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Lead Apron A	45
Gambar 4.3 Kode Lead Apron B	46
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Lead Apron B	47

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Lead Apron di RSUD Padang Pariaman.....	44
Tabel 4.2 Hasil Uji Lead Apron A yang Berada di Ruangan Konvensional.....	45
Tabel 4.3 Hasil Uji Lead Apron B yang Berada di Ruangan Konvensional.....	47
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Uji Lead Apron dengan Membandingkan Teori Lambert & McKeon (2001)	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Izin Penelitian	49
Lampiran 2. Lembar Persetujuan Penelitian (Informed Consent)	50
Lampiran 3. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	51
Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Kebocoran Lead Apron	52
Lampiran 5. Foto Pelaksanaan Penelitian	53
Lampiran 6. Spesifikasi Lead Apron Penelitian	54
Lampiran 7. Dokumentasi Alat Ukur dan Posisi Pengukuran	55
Lampiran 8. Hasil Analisis Data (Output Komputer DR)	56
Lampiran 9. Surat Keterangan Etik Penelitian	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Radiasi dalam ilmu radiologi bermanfaat untuk membantu menegakkan dianogsa penyakit,dalam hal ini radiasi yang dimaksud adalah radiasi sinar-X. Radiasi sinar-X dapat menimbulkan bahaya karena merupakan radiasi yang bersifat pengion yang dapat merusak benda yang dilewatinya. Keselamatan radiasi atau lazim disebut proteksi radiasi merupakan cabang ilmu pengetahuan atau teknik yang mempelajari tentang masalah kesehatan manusia maupun lingkungan yang ditunjukan sebagai upaya untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan akibat paparan radiasi sinar-X, dalam hal ini untuk mencegah efek deterministik,dan mengurangi efek stokastik serendah mungkin (Akhadi,2000).

Prinsip-prinsip proteksi radiasi sinar-X dilakukan dengan merapkan 3 asas yaitu justifikasi,limitasi dan optimisasi. Prinsip dari asas optimisasi dikenal dengan sebutan *ALARA(As Low As Reasonably Achievable)* ditunjukan untuk mencegah bahaya radiasi dengan menjaga jarak pada tingkat yang aman pada sumber radiasi,membatasi waktu penyinaran dengan sesingkat mungkin dan menggunakan alat pelindung diri (Akhadi,2000).

Alat Pelindung Diri (APD) adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya ditempat kerja.Alat pelindung diri (APD) yang digunakan seseorang itu berbeda-beda jenisnya disesuaikan dengan faktor bahaya dan resiko kerja yang dilakukan.Tujuan penggunaan alat pelindung diri

(APD) yaitu untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang sekelilingnya.

Standar oleh badan pengawasan tenaga nuklis untuk alat pelindung diri(APD) yang harus digunakan pada saat pemeriksaan harus mengandung bahan Pb diantaranya berupa *Apron, kaca mata, perisai gonad, perisai tiroid*, dan sarung tangan. Petugas radiografer wajib mematuhi aturan untuk memakai alat pelindungan diri (APD) yang bisa digunakan oleh pekerja radiasi adalah *Apron*. *Apron* adalah celemek timbal yang dirancang untuk melindungi tubuh dari bahaya radiasi (Yulihendra,2002).

Menurut peraturan kepala bapaten No 8 tahun 2011, bahwa setiap penyelenggaraan pelayanan harus memiliki alat proteksi radiasi yang memenuhi standar sesuai ketentuan yang berlaku. Berdasarkan kententuan tersebut ketebalan minimial *Apron* pelindung harus setara dengan 0,25mm Pb dan ukurannya harus memberikan pelindungan yang cukup pada bagian badan dan *gonad* pemakai dari radiasi lansung.ketebalan ini efektif untuk menahan radiasi pada 100 kv.

Menurut Cember (1983), mengatakan *gonad* bersifat radiosensitif. Sedangkan Spector (1993), menjelaskan bahwa *gonad* mengandung sel yang berbelah cepat sehingga apabila terkena radiasi, kerusakannya tidak dapat diperbaiki. Radiasi dapat jaringan yang memproduksi sel sel reproduksi dan akan menimbulkan sterilitas sementara atau sterilitas permanen. Bagi Pekerja Radiasi, *Apron* digunakan untuk melindungi *gonad* dari paparan radiasi sinar-X di rumah sakit. Untuk menjamin bahwa *Apron* dapat memberikan

pelindungan optimal ketika digunakan, maka perlu dilakukan uji alat pelindung diri.

Menurut Lutfatul Fitriana dkk (2023) Penelitian ini bertujuan untuk menguji kebocoran pada alat proteksi radiasi berupa lead apron menggunakan metode imaging plate (IP). Lead apron merupakan alat pelindung penting yang digunakan oleh petugas dan pasien dalam lingkungan radiologi untuk mengurangi paparan radiasi sinar-X. Studi ini dilakukan secara eksperimental terhadap satu buah lead apron di Klinik Pratama Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Pemeriksaan fisik menunjukkan bahwa apron dalam kondisi lusuh, terdapat bercak pada pembungkus, serta dirasakan adanya retakan dan gumpalan timbal pada seluruh kuadran Berdasarkan perhitungan luas kerusakan, ditemukan area rusak sebesar $14.517,36 \text{ mm}^2$ pada bagian vital dan $4.037,77 \text{ mm}^2$ pada bagian non-vital, jauh melampaui batas maksimum 15 mm^2 yang ditetapkan oleh standar Lambert & McKeon (2001). Hal ini menunjukkan bahwa lead apron tersebut mengalami kerusakan berat dan tidak layak digunakan lagi. Kerusakan disebabkan oleh penyimpanan yang tidak tepat, seperti digantung di gantungan baju atau ditekuk di atas meja, yang mengakibatkan kerusakan struktur internal timbal. Penelitian ini menekankan pentingnya inspeksi dan perawatan rutin serta penyimpanan lead apron yang sesuai, yaitu diletakkan pada bidang datar atau rak khusus untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

Surdiyah Asriningrum (2023) Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan fisik dan fungsi protektif dari *lead apron* yang digunakan di Instalasi

Radiologi RS Al Islam Bandung dan Laboratorium Politeknik Al Islam Bandung. Lead apron berperan penting dalam melindungi petugas dan pasien dari paparan radiasi hambur, dengan ketebalan standar minimal 0,25 mm Pb untuk radiologi diagnostik. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan survei dan pengujian radiografi konvensional terhadap sembilan apron. Hasilnya menunjukkan bahwa satu apron di RS Al Islam mengalami kebocoran sebesar $6.458,67 \text{ mm}^2$ pada area non-vital, dan satu apron di Politeknik mengalami kebocoran sebesar 8.750 mm^2 keduanya melebihi ambang batas kelayakan yaitu 670 mm^2 untuk daerah non-vital, sehingga harus ditolak penggunaannya. Selain itu, satu apron lainnya menunjukkan kebocoran 75 mm^2 , namun masih dalam batas aman. Faktor penyebab utama kerusakan adalah kesalahan dalam penyimpanan, seperti digantung secara vertikal atau diletakkan sembarangan tanpa rak khusus, yang menyebabkan patahan internal akibat gravitasi. Penelitian ini menekankan pentingnya perawatan, penyimpanan yang benar, dan pemeriksaan rutin setiap 12–18 bulan untuk menjaga efektivitas proteksi lead apron terhadap radiasi.

Juliana Mutiara Sari dkk (2023) Penelitian ini bertujuan untuk menguji kelayakan tiga buah apron pelindung radiasi sinar-X di instalasi radiologi sebuah rumah sakit di Bandung. Apron yang terbuat dari timbal (Pb) ini berfungsi sebagai alat pelindung diri (APD) dari paparan radiasi hambur. Pengujian dilakukan dengan memberikan paparan sinar-X untuk mengidentifikasi adanya retakan atau kebocoran, kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar kelayakan yaitu tidak boleh melebihi 15 mm^2

pada area vital dan 670 mm^2 pada area non-vital. Hasil pengujian menunjukkan bahwa apron pertama memiliki beberapa retakan kecil di kuadran 1 dan 2, namun masih berada dalam batas aman. Apron kedua dan ketiga tidak menunjukkan adanya retakan, hanya apron ketiga terdapat noda pada permukaannya. Secara keseluruhan, seluruh apron yang diuji masih dinyatakan layak pakai. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengujian kebocoran secara berkala dan penyimpanan apron yang benar agar fungsi protektifnya tetap terjaga.

Frekuensi uji sebaliknya dilakukan setahun sekali atau jika diperlukan (Permenkes No 1250 Tahun 2009). Menurut *Lambert & McKeon (2001)*, pengujian *Apron* harus dilakukan dengan tujuan untuk melihat kerapatan dari kondisi fisik *Lead Apron* tersebut. Pengujian dilakukan sekitar 12-18 bulan sekali. Menurut *Brennan et al, (2004)*, pengujian *Apron* dilakukan dengan menggunakan *fluoroscopy* unit dan pesawat sinar-X konvesional.

Perawatan *Apron* juga sangat penting agar *Apron* selalu terjaga baik dan supaya tidak terjadi kerusakan akibat seperti, meletakanya di atas punggung kursi, menjatuhkannya di lantai, dan menggantungkannya di hanger. Karena semua tindakan ini dapat menyebabkan patahan internal dan kerusakan *Apron* Pb jangan dilipat dan jangan digantung, karena dapat menyebabkan kerusakan yang akan mengurangi fungsinya sebagai peralatan proteksi radiasi (Permenkes No.1250 Tahun 2009).

Berdasarkan observasi yang peneliti lakukan di Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman jumlah *Apron* yang dimiliki adalah dua buah *Apron* dengan

merek Sooye yang dibeli pada tahun 2015 lalu dengan ketebalan pb 0.5 mm. Hasil pengamatan masih di jumpai penyimpanan dan peletakan *Lead Apron* yang salah. Contohnya dengan meletakkan *Lead Apron* di atas punggung kursi, menggantungkan *Lead Apron* di hanger dan melipat *Lead Apron* di atas meja pemeriksaan (Ruang Radiologi) sehingga ada beberapa bagian *Lead Apron* yang berkerut karena berkas lipatan. Jika pasien tidak di berikan *Lead Apron* saat prosedur eksposi radiasi dampaknya ke pasien mengalami iritasi kulit, kelelahan atau mual dan kerusakan pada sel-sel sensitive di area tubuh. Mengingat *Lead Apron* ini sangat berperan penting dalam keselamatan bekerja dan kedua *Lead Apron* ini belum pernah dilakukan pengujian sejak di beli pada tahun 2015, maka sangat perlu dilakukan pengujian karena telah melewati masa uji yang seharusnya dilakukan 12-18 bulan sekali. Berdasarkan hasil *observasi*, dengan permasalahan yang terjadi di rumah sakit RSUD Padang Pariaman tersebut, maka peneliti tertarik untuk membahas lebih lanjut dalam sebuah karya tulis ilmiah yang berjudul **“Uji Kebocoran Lead Apron di RSUD Padang Pariaman Tahun 2025”**

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah *Lead Apron* di RSUD Padang Pariaman terdapat kebocoran?
2. Apakah *Lead Apron* di RSUD Padang Pariaman masih layak digunakan sebagai Alat Pelindung Diri (APD)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran *Lead Apron* di RSUD Padang Pariaman
2. Untuk mengetahui layak atau tidaknya *Lead Apron* di RSUD Padang Pariaman

1.4 Manfaat penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian yaitu manfaat teoritis dan manfaat secara praktis yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Peneliti ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan sekurang-kurangnya dapat berguna sebagai sumbangan pemikiran bagi dunia pendidikan.

2. Manfaat praktis

a. Bagi penulis

Menambah pengalaman, pengetahuan, dan wawasan penulis tentang penjaminan dan kendali *mutu Apron* setra membantu penulis dalam menyelesaikan proposal karya ilmiah yang diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma Tiga Radiologi.

b. Bagi Rumah Sakit

Sebagai masukan bagi rumah sakit agar memperbaiki tata cara penyimpanan dan perawatan *Apron* yang baik dan benar.

c. Bagi Mahasiswa

Semoga dengan penelitian tentang uji kebocoran Apron ini dapat menambah wawasan dan menjadi bahan pertimbangan bagi mahasiswa yang ingin mengembangkan penelitian ini dimasa yang akan datang.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan karya tulis ilmiah ini, peneliti membagi dalam beberapa bab yang terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat peneliti dan sistematika penulis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas tentang dasar-dasar teori yang relevan dan mendukung pelaksanaan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, populasi dan sampel penelitian, instrumen penelitian, metode pengumpulan data, variabel penelitian, langkah-langkah penelitian, diagram alur penelitian, pengolahan data dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil penelitian, penyajian data penelitian, dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan Kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sinar-X

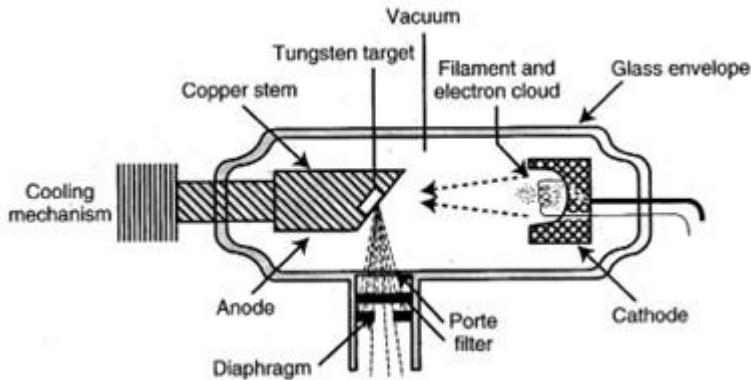
Sinar-X adalah penceran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang panas, radio, cahaya dan sinar *ultraviolet*, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen panjang gelombangnya bervariasi dan tidak terlihat, perbedaan sinar-X dengan sinar elektromagnetik lainnya juga berada pada panjang gelombang, dimana panjang gelombang sinar-X sangat pendek yaitu $1/10000$ cahaya gelombang yang terlihat. Karena panjang gelombang pendek, maka sinar-X dapat menembus benda-benda (Rasad, 2005).

2.1.1 Proses Terjadinya Sinar-X

1. Tabung pada sinar-X yang terbuat dari bahan gelas yang hampa udara. Didalam tabung sinar-X dua *dioda* yaitu *katoda* bermuatan negatif dan *anoda* bermuatan positif. Pada saat filament yang berada di katoda dipanaskan, elektron yang keluar dari filament akan semakin banyak sehingga terjadilah apa yang disebut dengan awan elektron.
2. Kemudian antara kedua katoda dan anoda diberikan beda potensial yang tinggi, minimal 40 kV (40.000 Volt), sehingga elektron yang berada di katoda akan bergerak dengan sangat cepat menuju anoda.
3. Elektron yang bergerak menuju anoda akan menumbuk sebagian kecil dari anoda yang dikenal dengan sebutan target.
4. Elektron yang bergerak dari katoda pada tabung hampa udara biasa disebut dengan elektron proyektil. Saat elektron proyektil berbenturan dengan target, elektron berinteraksi dengan atom-atom dengan mentransfer energi kinetiknya

ke target. Saat terjadi hal tersebut, proyektil elektron melambat dan sampai hampir berhenti.

5. Proyektil elektron berinteraksi dengan atom, interaksi tersebut menghasilkan konversi energi kinetik menjadi energi panas dan energi elektromagnetik ke dalam bentuk sinar-X. Lebih dari 90% energi kinetik proyektil elektron ini yang diubah menjadi energi panas dan menyisakan 1% diubah menjadi sinar-X (Rahman, 2009).



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Sinar-X
Sumber: Rahman, 2009

2.1.2 Sifat-Sifat Sinar-X

Menurut Rasad (2005), sinar-X Mempunyai beberapa sifat fisik, yaitu : daya tembus, pertebaran, penyerapan, efek fotografik, pendar *fluor* (*fluoresensi*), ionisasi, dan efek biologik.

1. Daya Tembus

Daya tembus adalah kemampuan sinar-X dalam menembus suatu bahan yang dilaluinya. Sinar-X dapat menembus bahan, dengan daya tembus sangat besar dapat digunakan dalam bidang radiografi. Makin tinggi tegangan tabung(kV) yang

digunakan makin besar daya tembusnya. Makin rendah kepadatan suatu benda,makin besar daya tembus sinarnya.

2. Pertebaran

Apabila berkas sinar-X melalii suatu benda atau suatu zat,maka berkas tersebut akan bertebaran ke segala jurusan,menimbulkan radiasi sekunder(radiasi hambur) pada bahan atau zat yang dilaluinya.Hal ini akan mengakibatkan terjadinya gambaran radiograf dan pada flim akan tampak pengaburan kelabu secara menyeluruh.Untuk mengurangi radiasi hambur,maka diantara subjek dengan flim rontgen diletakan grid.Grid terdiri atas potongan-potongan timah tipis letaknya sejajar,masing-masing dipisahkan oleh bahan tembus sinar.

3. Penyerapan

Penyerap terjadi ketika sinar-X melalui suatu bahan dan penyerapan sesuai dengan kepadatan bahan yang dilalui sinar-X tersebut. Sinar-X dalam radiografi diserap oleh bahan sesuai dengan kepadatan bahan tersebut. Makin tinggi kepadatannya, makin besar penyerapannya.

4. Efek fotografik

Sinar-X dapat menghitamkan emulsi flim (emulsi perak bromida) setelah diproses secara kimiawi (dibangkitkan) di kamar gelap.

5. Pendar *Fluor (fluoresensi)*

Fluor adalah munculnya cahaya ketiks radiasi sinar-X melalui suatu bahan.Sinar-X menyebabkan bahan-bahan tertentu seperti *kalsium-tungstat* atau *zink-sulfid* memendarkan cahaya (*luminisensi*), bila bahan tersebut dikenai radiasi Sinar-X.*Luminisensi* ada 2 jenis yaitu :

- a). *Fluoresensi*, yaitu akan memedarkan cahaya sewaktu ada radiasi saja.
- b). *Fluoresensi*, yaitu pemendaran cahaya akan berlangsung beberapa saat walupun radiasi sudah dimatikan (*after-glow*).

6. Ionisasi

Ionisasi adalah kemampuan sinar-X dalam menimbulkan perubahan terhadap partikel-partikel yang dilaluinya. Efek primer sinar-X apabila mengenai suatu bahan atau zat akan menimbulkan ionisasi partikel-partikel bahan atau zat tersebut.

7. Efek biologik

Efek biologik adalah perubahan yang timbul akibat bahan tersebut terpapar dari radiasi sinar pengion. Sinar-X akan menimbulkan perubahan-perubahan biologik pada jaringan. Efek biologik ini dipergunakan dalam pengobatan radioterapi.

2.2 Digital Radiography (DR)

2.2.1 Pengertian Digital Radiography (DR)

Digital Radiography (DR) adalah suatu bentuk pencitraan sinar-X, dimana Flat Panel Detektor (FPD) digunakan sebagai penganti flim. Teknologi ini dapat menghasilkan kualitas gambar yang dapat diterima pada berbagai teknik eksposur yang luas dibandingkan dengan radiografi layar flim. Detektor digital menangkap dan mengubah data atenuasi sinar dari pasien menjadi sinyal elektronik (sinyal analog) yang selanjutnya diubah menjadi data digital untuk diproses oleh komputer digital. Hasil pengolahan berupa citra digital yang harus diubah menjadi citra yang dapat ditampilkan pada monitor komputer untuk dilihat oleh seorang pengamat. Gambar yang ditampilkan dapat dimanipulasi

dengan menggunakan berbagai teknik pembrossan gambar digital untuk meningkatkan intrpretasi gambaran radiologi diagnostik (Seeram,2019).

2.2.2 Komponen Digital Radiography (DR)

Sebuah sistem digital radiografi terdiri dari 4 komponen utama, yaitu X-ray *source*, Detektor, *Analog-Digital Converter*, komputer dan *Ouput Device*.

1. X-ray Source

Sumber yang digunakan untuk menghasilkan X-ray pada DR sama dengan sumber sinar-X pada radiografi konvesional. Oleh karena itu, untuk merubah radiografi konvesional menjadi DR tidak menggantii pesawat X-ray (Secram,2019).

2. Flat Panel Detectors (FFDs)

FPDs adalah jenis detektor yang dirangkai menjadi sebuah panel tipis. Berdasarkan bahannya, FPDs dibedakan menjadi dua : Pertama, Amorphous Silicon (a-Si) tergolong teknologi penangkap gambar yang tidak lansung karena sinar-X diubah menjadi cahaya. Dengan detektor-detector a-Si, sebuah sintilator pada lapisan terluar detector (yang terbuat dari Cesium Iodida atau Gadolinium Oksisulfat),mengubah sinar-X menjadi cahaya. Cahaya kemudian diteruskan menjadi lapisan Photoiodida a-Si dimana cahaya tersebut dikonversikan menjadi sinyal keluaran digital. Sinyal digital dikemudian dibaca oleh flim transistor tipis(TFT's)atau oleh Charged Coupel Device (CCD's). Data gambaran dikirim ke dalam sebuah komputer untuk ditampilkan, Detektor a-Si adalah tipe FPD yang paling banyak dijual dipasar industri digital imaging saat ini. Kedua, Amophous Selenium (a-Se). Amophous Selenium (a-Se) dikenal

sebagai detektor langsung karena tidak ada konversi energi sinar-X menjadi cahaya. Lapisan terluar dari flat panel adalah elektroda bias tegangan tinggi. Elektroda biasa mempercepat energi yang ditangkap dari penyinaran sinar-X melalui lapisan selenium. Melalui lapisan *selenium*. Foton-foton sinar-X mengalir ke bawah melalui lapisan *selenium* menciptakan pasangan lubang elektron. Lubang-lubang elektron tersebut tersimpan dalam *selenium* berdasarkan pengisian tegangan bias. Pola (lubang-lubang) yang terbentuk pada lapisan *selenium* dibaca oleh rangkaian *TFT* atau *Elektrometer Probes* untuk diinterpretasikan menjadi citra.

3. Analog To Digital Convener

Komponen ini berfungsi untuk merubah data analog yang dikeluarkan detektor menjadi data digital yang dapat diinterpretasikan oleh komputer (Scerim, 2019).

4. Komputer

Komponen ini berfungsi untuk mengolah data. Manipulasi *image*, menyimpan data-data (*image*), dan menghubungkannya dengan *output device* atau *work station* (Sceram, 2019).

5. Output Device

Sebuah sistem digital radiografi memiliki monitor untuk menampilkan gambar. Melalui monitor ini, radiografer dapat menentukan layak atau tidaknya gambar untuk diteruskan kepada *work station* radiolog. Selain monitor, *output device* dapat berupa laser printer apabila ingin diperoleh data dalam bentuk fisik (radiografi). Media yang digunakan untuk mencetak gambar berupa film khusus

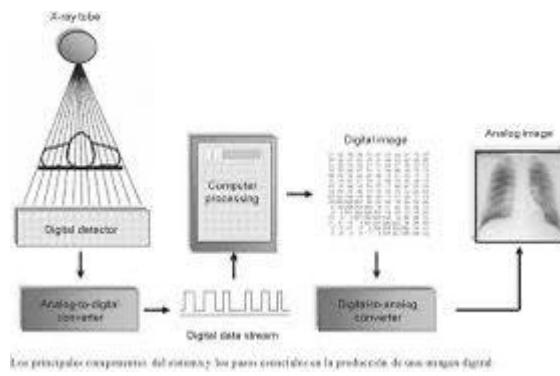
{dry view} yang tidak memerlukan proses kimiawi untuk menghasilkan gambar.

Gambar yang dihasilkan dapat langsung dikirimkan dalam bentuk digital kepada radiolog di ruang baca melalui jaringan *work station*. Dengan cara ini, dimungkinkan pembacaan foto melalui teleradiologi.

2.2.3 Prinsip Kerja *Digital Radiography (DR)*

Sinar-X melewati pasien dan jatuh di atas film untuk membentuk gambar laten. Gambar laten kemudian ditampilkan menggunakan pemrosesan kimia dan kemudian ditampilkan pada *viewing box* cahaya untuk dilihat dan diinterpretasikan oleh radiologis. Gambar film muncul dengan berbagai tingkat kehitaman sebagai hasil dari jumlah eksposur yang ditransmisikan oleh berbagai bagian anatomi (Scram, 2019).

Detektor radiografi digital mengeluarkan sinyal analog (sinyal listrik), sinyal ini dikirim ke converter analog ke digital (ADC), ADC mengubah sinyal analog kontinu menjadi data digital diskrit. ini adalah langkah penting dalam menghasilkan citra digital, karena komputer digital membutuhkan data diskrit (0s dan 1s) untuk pengoperasiannya. Hasil pengolahan komputer berupa citra digital. Ahli radiologi dan teknologi tidak melihat representasi numerik (gambar digital). Ini harus diubah menjadi bentuk yang sesuai untuk dilihat manusia oleh karena itu, gambar digital diubah menjadi gambar yang terlihat, gambar analog.



Gambar 2.2 Produksi Gambaran Pada *Digital Radiography (DR)*
Sumber: Seeram, 2019

2.3 Jaminan Mutu (Quality Assurance)

Quality Assurance adalah program manajemen yang digunakan untuk memastikan keunggulan dalam pelayanan kesehatan melalui pengumpulan data secara sistematis dan evaluasi data. Untuk menjamin mutu pelayanan kesehatan maka berbagai komponen input, proses dan output harus ditetapkan secara jelas dan rinci, mencakup aspek manajemen dan teknis dengan berpedoman pada pencapaian visi dan pewujudan misi yang telah ditetapkan bersama. Kebijakan jaminan mutu pelayanan kesehatan akan menjadi pedoman bagi semua pihak dalam penyelenggaraan pelayanan kesehatan yang bermutu. Salah satu kegiatan penjamin mutu adalah kegiatan kendali mutu/*quality assurance control* (Kemenkes,2009).

Tujuan *Quality assurance control* sebagai pedoman bagi sarana pelayanan kesehatan dalam upaya meningkatkan mutu pelayanan radiodiagnostik, sebagai acuan bagi sarana pelayanan kesehatan menyelenggarakan kendali mutu peralatan radiodiagnostik (Kemenkes,2009). Adapun saran *Quality assurance control (QA)* yaitu: meningkatkan mutu pelayanan radiodianognostik, efensi pemakai bahan dan

terjaminnya tingkat keselamatan dan kesehatan kerja terhadap bahaya radiasi bagi pekerja radiasi (Kemenkes,2009).

2.4 Kendali Mutu (*Quality control*)

Kendali mutu *Quality control* adalah suatu artianya yaitu, suatu daerah yang penting diperiksa dan dievaluasi. Kendali menurut American Association of Physicists in Medician (AAPM) adalah prosedur evaluasi secara berkala. Tujuan pengujian kendali mutu American Association of Physicists in Medician (AAPM) adalah untuk mendeteksi perubahan yang penting secara klinis yang dapat mengakibatkan menurun atau meningkatnya mutu gambar dalam pemberian radiasi. Dalam pelayanan radiodiagnostik tujuan kendali mutu secara umum menurut kemenkes (2009) adalah meningkatkan mutu pelayanan radiodiagnostik yang diselenggarakan oleh sarana pelayanan kesehatan seluruh Indonesia.

Menurut keputusan MENKES RI No.1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (quality control) pelayan radiodianostik, kegiatan kendali mutu dibagi didalam tiga kegiatan besar, yaitu kegiatan kendali mutu untuk pesawat sinar-X yang terdiri dari pengujian terhadap tabung kolimator, pengujian terhadap tabung kolimasi terdiri dari: iluminasi lampu kolimator, pengujian berkas cahaya kolimator dan bekas cahaya kolimasi. Pengujian terhadap tabung sinar-X, pengujian terhadap tabung sinar-X antara lain adalah: pengujian rumah tabung, pengujian tegangan tabung, pengujian waktu eksposi. Pengujian terhadap generator pesawat sinar-X antara lain adalah ouput radiasi reproduktibilitas, dan *half value layer*. Pengujian terdapat automatic eksposure control,Pengujian

terhadap automatic exposure control antara lain adalah: kendali paparan/densitas standar, penjajakan ketebalan pasien, kilovoltage dan waktu tanggap minimum.

Kegiatan kendali mutu perlengkapan radiografi yang terdiri dari pengujian terhadap flim, pengujian terhadap flim antara lain: optimasi flim radiografi dan sensitifitas flim radiografi. Pengujian terhadap kaset dan tabir penguat, pengujian terhadap kaset dan tabir penguat antara lain adalah: kebocoran kaset radiografi, kebersihan tabir penguat/*intensifying screen* dan kontak tabir penguat dengan flim radiografi. Pengujian alat pelindung diri berupa inspeksi kebocoran dan pengujian tingkat pencahayaan flim iluminator,*viewing box*.

Kendali mutu untuk ruang pemroses flim radiografi yang terdiri atas pengujian terhadap rancangan ruangan, pengujian terhadap rancangan ruangan antara lain adalah pengujian kebocoran kamar gelap dan pengujian safe light kamar gelap. Pengujian alat pemroses flim radiografi secara otomatis. Pengujian alat pemroses flim radiografi secara manual, pengujian alat pemroses flim radiografi secara manual antara lain adalah pengadukan larutan, penggantian larutan, dan penyimpanan bahan kimia.

2.5 Efek Biologi

Komisi Internation untuk Pelindung Radiasi (ICRP) membagi efek radiasi sinar-X terhadap tubuh menjadi dua, yaitu efek stokastik dan efek deterministik. Efek stokastik adalah efek yang kemunculannya pada individu tidak bisa dipastikan tetapi dapat diperkirakan berdasarkan data statistik yang ada. Efek deterministik adalah efek yang pasti muncul apabila jaringan tubuh manusia terkena paparan radiasi sinar-X dengan dosis tertentu (Akhadi,2000).

2.5.1 Efek Stokastik

Efek stokastik adalah efek yang berkaitan dengan paparan radiasi dosis rendah yang dapat muncul dalam bentuk kanker (kerusakan somatik) atau cacat pada keturunan (kerusakan genetik). Efek stokastik memiliki empat ciri yaitu tidak mengenal dosis ambang, timbulnya efek setelah melalui masa tunda yang lama, keparahannya tidak bergantung pada dosis radiasi dan tidak ada penyembuhan spontan.

2.5.2 Efek Deterministik

Efek deterministik berkaitan dengan paparan radiasi dosis tinggi yang kemunculannya dapat langsung dirasakan oleh individu yang terkena radiasi. Efek deterministik memiliki ciri antaranya mengenal adanya dosis ambang, jadi hanya radiasi dengan dosis tertentu yang dapat menimbulkan efek deterministik, umumnya timbul beberapa saat penerimaan dosis radiasi, dapat dilakukan penyembuhan spontan bergantung pada tingkat keparahannya serta dosis radiasi yang diterima.

2.6. Proteksi Radiasi

2.6.1 Pengertian Proteksi Radiasi

Menurut PERKA BAPETEN No 8 tahun 2011, proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang dapat merusak akibat paparan radiasi. Tujuan dari proteksi radiasi ini adalah untuk menekan serendah mungkin kemungkinan terjadinya kecelakaan radiasi, yaitu mencegah terjadinya efek deterministik dan mengurangi efek Stokastik (Akhadi. 2000).

2.6.2 Falsafah Dasar Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari masalah kesehatan manusia maupun lingkungan serta berkaitan dengan pemberian perlindungan kepada seseorang atau sekelompok orang ataupun kepada keturunannya terhadap kemungkinan yang dapat merugikan kesehatan akibat paparan radiasi. Dengan adanya cabang ilmu tersebut, sekelompok orang yang berhubungan atau bekerja dengan radiasi pengion diusahakan agar dapat mempunyai apresiasi tentang keselamatan radiasi dan sekaligus mempunyai pengertian tentang falsafah kesehatan lingkungan (Akhadi, 2000).

Pemanfaatan teknologi nuklir, faktor keselamatan manusia harus mendapatkan prioritas utama. Sudah barang tentu pemanfaatannya serendah mungkin atau dihilangkan sama sekali. Program proteksi radiasi bertujuan untuk melindungi para pekerja radiasi serta masyarakat umum dari bahaya radiasi yang ditimbulkan akibat penggunaan zat radioaktif dan sumber radiasi lainnya. Ada tiga hal penting yang perlu mendapatkan perhatian untuk mencegah terjadinya kecelakaan radiasi sehubungan dengan pengoperasian instalasi nuklir yaitu:

- a. Adanya peraturan perundangan dan standar keselamatan dalam bidang keselamatan nuklir.
- b. Pembangunan Instalasi nuklir di lengkapi dengan sarana peralatan keselamatan kerja dan sarana pendukung lainnya yang sempurna sesuai dengan perencanaan yang telah di tetapkan sebelumnya, dengan memperhatikan laporan analisis keselamatan berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku dan ketentuan lain yang ditetapkan oleh instansi yang berwenang.

- c. Tersedianya personel dengan bekal pengetahuan yang memadai dan memahami sepenuhnya tentang keselamatan kerja terhadap radiasi (Akhadi, 2000).

2.6.3 Asas-Asas Proteksi Radiasi

Terdapat tiga asas yang telah direkomendasikan oleh Komisi Internasional untuk perlindungan radiasi (ICRP) untuk dipatuhi yaitu:

1. Justifikasi

Asas ini menghendaki agar setiap kegiatan yang dapat mengakibatkan paparan radiasi hanya boleh dilaksanakan setelah dilakukan pengkajian yang cukup mendalam dan diketahui bahwa manfaat dari kegiatan tersebut cukup besar dibandingkan dengan kerugian yang dapat ditimbilkannya.

2. Optimisasi

Asas ini menghendaki agar paparan radiasi yang berasal dari suatu kegiatan harus ditekan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial. Asas ini juga dikenal dengan sebutan *ALARA* atau As Low As Reasonably Achievable. Penyusunan program proteksi radiasi, asas optimisasi mengandung pengertian bahwa setiap komponen dalam program dipertimbangkan secara seksama, termasuk besarnya biaya yang dapat dijangkau. Suatu program proteksi dikatakan memenuhi asas optimasi apabila semua komponen dalam program tersebut disusun dan direncanakan sebaik mungkin dengan memperhitungkan biaya yang dapat dipertanggung jawabkan secara ekonomi.

3. Pembatasan Dosis Perorangan

Asas ini menghendaki agar dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan tidak boleh melebihi nilai batas yang telah ditetapkan oleh instansi yang berwenang. Dengan menggunakan program proteksi radiasi

yang disusun secara baik, maka semua kegiatan yang mengandung resiko paparan radiasi cukup tinggi dapat ditangani sedemikian rupa sehingga nilai batas yang ditetapkan tidak akan terlampaui (Akhadi, 2000).

2.6.4 Prinsip Dasar Proteksi Radiasi

Ada tiga prinsip dasar proteksi radiasi yang dapat digunakan untuk mencegah bahaya radiasi. Ketiga prinsip tersebut yaitu :

1. Pengaturan Waktu

Seseorang pekerja radiasi yang berada di dalam medan radiasi akan menerima dosis radiasi yang besarnya sebanding dengan lamanya pekerja tersebut berada di dalam medan radiasi. Semakin lama seseorang berada di tempat itu, akan semakin besar dosis radiasi yang diterimanya demikian pula sebaliknya.

2. Pengaturan jarak

Faktor jarak berkaitan erat dengan fluks radiasi. Fluks radiasi pada suatu titik akan berkurang berbanding terbaik dengan kuadrat jarak antara titik tersebut dengan sumber radiasi.

3. Penggunaan perisai radiasi

Pada penanganan sumber-sumber radiasi dengan aktivitas sangat tinggi (berorde MBq atau Ci), seringkali peraturan waktu dan jarak kerja tak mampu menekan penerimaan dosis oleh pekerja di bawah nilai batas dosis yang telah ditetapkan (Akhadi, 2000).

2.6.5 Alat Proteksi Radiasi

Alat Pelindung Diri adalah kelengkapan alat yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan resiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan

orang disekelilingnya. Alat proteksi radiasi merupakan alat pelindung diri (APD) yang biasa digunakan oleh pekerja radiasi untuk melindungi diri atau tubuh terhadap paparan radiasi pengion yang berbahaya (Yulihendra, 2002). Alat proteksi radiasi yang biasa digunakan oleh pekerja radiasi meliputi :

1. *Lead Apron*

Lead Apron adalah pakaian Pelindung yang digunakan oleh pekerja radiasi sebagai perisai radiasi sekunder untuk melindungi tubuh dari hamburan radiasi pengion. *Lead Apron* harus tersedia dengan ketebalan minimal setara 0,35 mm Pb pada sisi depan atau tidak kurang dengan 0,25 mm Pb untuk bagian lainnya. *Lead Apron* yang digunakan sebagai pelindung dari paparan radiasi harus mempunyai ketebalan setara 0,25 mm Pb pada penyinaran hingga 100 kV dengan ketebalan 0,35 mm Pb untuk penyinaran lebih dari 100 kV (Brennan, 2004).



Gambar 2.3 Lead Apron
Sumber : Roser, 2010

2. *Thyroid Shield*

Pelindung tiroid harus terbuat dari bahan dengan ketebalan yang setara dengan 0,35 mm (nol koma tiga lima milimeter) Pb atau 0,5 mm (nol koma lima milimeter) Pb. (PERKA BAPETEN No. 4, Tahun 2020).



Gambar 2.4 Thyroid Shield

Sumber : Roser, 2010

3. *Gonad Shield*

Pelindung gonad yang setara dengan 0,2 mm Pb, atau 0,25 mm Pb untuk Penggunaan pesawat sinar-X radiologi diagnostik, dan 0,35 mm Pb, atau 0,5 mm Pb untuk pesawat sinar-X radiologi interventional. Tebal kesetaran Pb harus diberi tanda secara permanen dan jelas pada apron tersebut. Proteksi ini harus dengan ukuran dan bentuk yang sesuai untuk mencegah gonad secara keseluruhan dari paparan berkas utama (PERKABAPETEN No. 8, 2011).



Gambar 2.5 Gonad Shield (Sumber : Yulihendra, 2002)

4. Sarung Tangan Pb

Sarung tangan proteksi yang digunakan untuk Radiologi Intervensional harus memberikan kesetaraan atenuasi paling sedikit 0,25 mm (nol koma dua lima milimeter) Pb pada 150 kVp (seratus lima puluh kilovoltage peak). Proteksi ini harus dapat melindungi secara keseluruhan, mencakup jari dan pergelangan tangan. (PERKA BAPETEN No. 4 Tahun 2020).



Gambar 2.6 Sarung Tangan Pb

Sumber : Yulihendra, 2002

5. Kacamata Pb

Pelindung mata harus terbuat dari bahan dengan ketebalan yang setara dengan 0,35 mm (nol koma tiga lima milimeter) Pb atau 0,5 mm (nol koma lima milimeter) Pb. (PERKA BAPETEN No. 4 Tahun 2020).



Gambar 2.7 Kacamata Pb
Sumber : Yulihendra, 2002

6. Tabir

Tabir yang digunakan oleh Radiografer harus dilapisi dengan bahan yang setara dengan 1 mm Pb. Ukuran tabir adalah tinggi 2 m, dan lebar 1 m, yang dilengkapi dengan kaca intip Pb yang setara dengan 1 mm Pb (PERKA BAPETEN No. 8, 2011).

2.7 Perawatan dan Pengujian *Lead Apron*

2.7.1 perawatan *Lead Apron*

Dalam menjaga integritas lead apron maka harus dilakukan perawatan agar tidak terjadi kesalahan dalam penggunaannya. Kesalahan yang sering terjadi seperti terjatuh dilantai, menumpukkan dalam satu tumpukan, dan meletakkan dibelakang kursi. Menurut KEMENKES No. 1250 Tahun 2009, penyimpanan lead apron tidak boleh digantung dan jangan dilipat karena akan menyebabkan kerusakan yang menyebabkan kerusakan yang akan mengurangi fungsinya sebagai peralatan proteksi radiasi.

2.7.2 Pengujian *Lead Apron* menurut *Lambert dan McKeon (2001)*

Menurut *Lambert* dan *McKeon* (2001), pengujian *lead apron* harus dilakukan dengan tujuan untuk melihat kerapatan dari kondisi fisik *lead apron*

tersebut. Pengujian ini dilakukan sekitar 12-18 bulan sekali. Pengujian ini menggunakan *fluoroscopy*. Jika pada saat pengujian ini terlihat adanya lubang atau patahan pada *lead apron* lebih besar 15 mm pada daerah kritis misalnya *gonad*, maka *lead apron* tidak dapat digunakan lagi. Dan kebocoran tidak dekat dengan organ sensitif maka apron harus diganti bila kecacatan lebih besar dari 670 mm.

2.7.3 Peengujian *Lead Apron* menurut *Brennan et al (2004)*

Menurut *Brennan et al (2004)*, pengujian *lead apron* dilakukan dengan menggunakan *fluoroscopy* unit dan pesawat sinar-X konvensional. Pengujian menggunakan *fluoroscopy* unit dilakukan dengan cara merentangkan *lead apron* diatas meja pemeriksaan dan dilakukan penyinaran dengan *fluoroscopy*, hasil pengujian dilihat pada monitor. Pengujian menggunakan pesawat sinar-X konvensional dilakukan dengan cara merentangkan lead apron. Dan di bawah lead apron diletakkan *Radcal MDH 2025* kemudian dilakukan penyinaran dengan pesawat sinar-X. Jarak keseluruhan antara focal spot sampai *Radcal MDH 2025* yaitu 100 cm. Hasil pengujian ini dilihat pada *Radcal MDH 2025*. *Lead apron* mengalami kerusakan tidak boleh melebihi 15 mm, jika kerusakan melebihi batas yang telah ditentukan maka *lead apron* tidak dapat digunakan lagi.

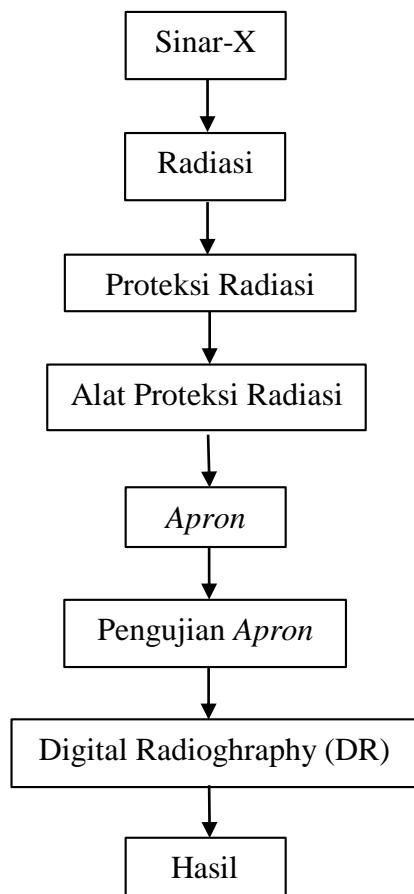
2.7.4 Pengujiam *Lead Apron* menurut Permenkes No. 1250 Tahun 2009

Menurut Permenkes No. 1250 Tahun 2009, pengujian alat pelindung diri (*apron Pb*) dapat menggunakan *fluoroscopy* dan pesawat sinar-X konvensional. Pengujian menggunakan *fluoroscopy* dilakukan dengan cara

merentangkan *apron* pb diatas meja pemeriksaan dan dilakukan penyinaran dengan *fluoroscopy*, hasil pengujian dilihat pada monitor dan catat hasil yang di dapat. Pengujian menggunakan pesawat sinar-X konvensional dilakukan dengan cara memeriksa secara teliti *apron* Pb terlebih dahulu dari kekusutan (*kinks*) dan ketidakrataan (*irregularitas*) / kerusakan. Kemudian lakukan pengeksposan pada *apron* Pb yang di curigai mengalami kekusutan dan kerusakan tersebut dengan meletakkan di atas kaset. Selanjutnya lakukan pencucian film untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran pada *apron* dan catat hasil yang di dapat.

2.8 Kerangka Teori

Kerangka teori adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep-konsep atau variabel-variabel yang akan diamati atau diukur melalui penelitian yang akan dilaksanakan (Notoatmodjo, 2010). Kerangka teori karya tulis ini sebagai berikut:



Gambar 2.4 Kerangka Teori

2.9 Kerangka Konsep

Kerangka konsep adalah suatu bentuk kerangka berpikir yang dapat digunakan sebagai pendekatan dalam memecahkan masalah (Notoatmodjo, 2012).

Kerangka konsep karya tulis ini sebagai berikut:



Gambar 2.5 Kerangka Konsep

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam karya tulis ilmiah ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif, penelitian kuantitatif metode eksperimen adalah penelitian yang mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul dan menjelaskan sesuatu yang apa adanya, dan menarik kesimpulan dari fenomena yang dapat diamati dengan menggunakan angka-angka yang dihasilkan dari keadaan sebenarnya (Sugiyono, 2017), penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan hasil pengujian *lead apron* di Instalasi Radiologi Rumah Sakit RSUD Padang Pariaman.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan Pada bulan Agustus 2025, di Instalasi Radiologi Rumah Sakit RSUD Padang Pariaman.

3.3 Populasi dan Sampel

3.3.1 Populasi

Populasi menurut Sugiyono (2016), populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri dari atas obyek atau subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh *apron* yang ada di Rsud Padang Pariaman yang berjumlah dua buah *Lead Apron*.

3.3.2 Sampel

Sampel menurut Sugiyono (2016), adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut.

3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah dengan teknik Nonprobability sampling yaitu menggunakan sampel jenuh. Menurut Sugiyono (2016), sampling jenuh adalah teknik penentuan sampel bila semua anggota populasi digunakan sebagai sampel. Hal ini sering dilakukan bila jumlah populasi relatif kecil. Sehingga di dapatkan sampel dalam penelitian ini adalah dua buah *Lead Apron*.

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian meliputi alat dan bahan penunjang yang akan digunakan untuk melakukan penelitian ini, adapun alat dan bahannya adalah sebagai berikut:

1. Pesawat Sinar-X

Merk : General Medical Merate S.pA,Italia

Type/Model : VZW2556RB2-A9

No Seri : CPD25949K16

Produksi : China

kV Max : 150 kV

mA Max : 630 Ma



Gambar 2.8 Pesawat Sinar-X
Sumber : Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman

2. Komputer DR (Digital Radiography)



Gambar 2.9 Komputer DR
Sumber : Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman

3. Printer Digital Radiography (DR)



Gambar 3.0 Printer
Sumber : Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman

4. Kaset Digital Radiography (DR)



Gambar 3.1 Kaset DR

Sumber : Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman

5. Lead Apron

Merk / Tipe : *Soyee X-Ray Lead Apron*

Ketebalan Pb : 0.5 mm Pb

Tahun Pembelian : 2015



Gambar 3.2 Apron A

Sumber : Instalasi Radiologi Rsud Padang Pariaman

6. Lead Apron B

Merk / Tipe : *Soyee X-Ray Lead Apron*

Ketebalan Pb : 0.5 mm Pb

Tahun Pembelian : 2015



Gambar 3.3 Apron B
Sumber : Instalasi Radioloi RSUD Padang Pariaman

7. Film Radiografi

Film radiografi digunakan untuk mencetak hasil pengujian *Lead Apron* yang telah di ekspose.

8. Viewing Box

Viewing Box merupakan tempat untuk meletakkan film radiografi hasil pengujian Lead Apron yang telah di print.

3.5 Langkah-Langkah Penelitian

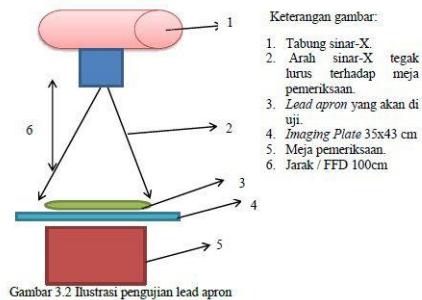
Penelitian dilakukan dengan menggunakan pesawat sinar-X dengan Langkah-langkah sebagai berikut :

1. Peneliti mempersiapkan semua *apron* yang akan diuji dengan membagi daerah (bagian) *apron* yang sudah ditentukan dan membagi 4 kuadran agar seluruh *lead apron* mendapatkan penyinaran sinar-X.
2. Peneliti meletakkan Lead Apron di atas meja pemeriksaan.
3. . Peneliti memberi kode pada setiap *apron*, yaitu kode 1 (sisi kiri atas), kode 2 (sisi kanan atas), kode 3 (sisi tengah kiri), kode 4 (sisi tengah kanan).



Gambar 3.4 Pembagian kuadran pada Lead Apron
Sumber : Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman

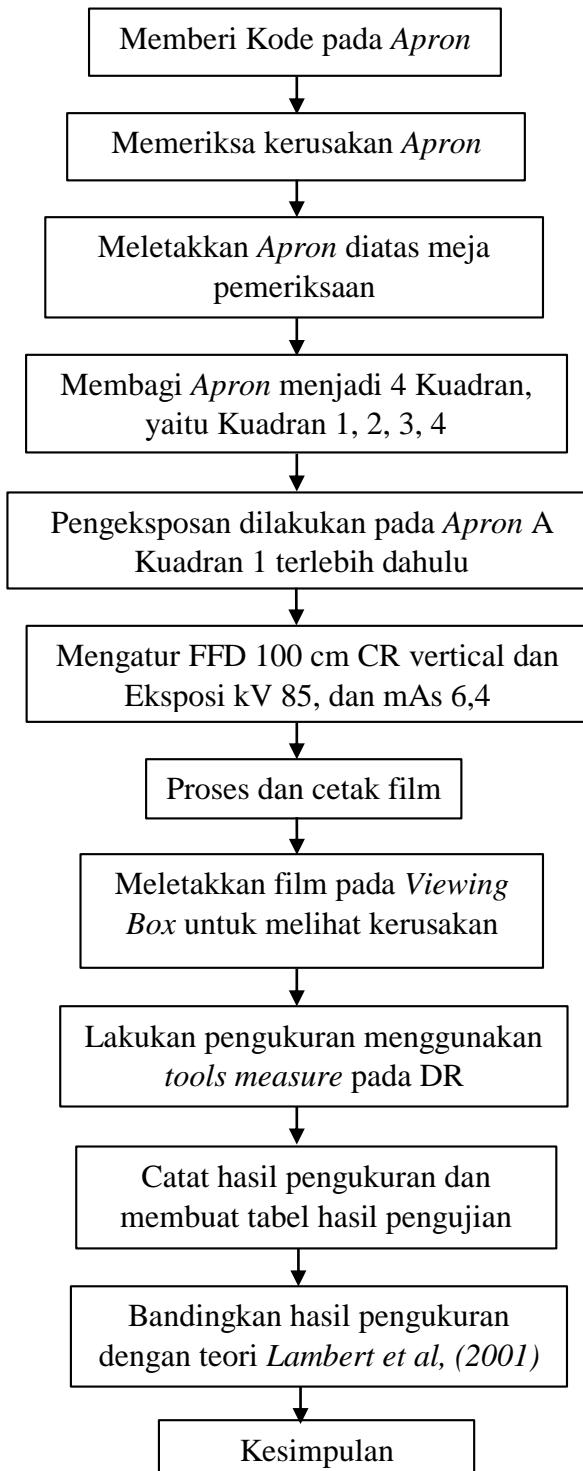
4. Peneliti melakukan eksposi pada Lead Apron A kuadran 1 terlebih dahulu.
5. Peneliti mengatur *Focus Film Distance* (FFD) setinggi 100 cm.
6. Peneliti mengatur Central Ray (CR) vertical lurus
7. Peneliti melakukan eksposi pada Lead Apron A kuadran 1 dengan kV 85, mAs 6,4. Selanjutnya eksposi pada kuadran 2, kuadran 3, kuadran 4 berurutan. Adapun ilustrasi pengujian *Lead Apron* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Ilustrasi Pengujian *Lead Apron*

8. Setelah di eksposi, maka peneliti memproses gambar pada komputer dan mencetak dengan mesin printer Digital Radiography (DR).
9. Setelah di print, maka peneliti melihat film di viewing box untuk melihat ada atau tidaknya kebocoran pada Lead Apron yang di uji.
10. Jika terlihat ada kebocoran atau kerusakan pada gambaran maka peneliti mengukurnya dengan menggunakan program (*tools measurement*) yang ada di DR .
11. Setelah di ukur maka peneliti mencatat hasil pengukuran di buku.
12. Ulangi langkah yang sama untuk pengujian lead apron selanjutnya
13. Membuat tabel hasil pengujian lead apron.
14. Bandingkan hasil pengukuran dengan teori Lambert et al, (2001).
Menurut Lambert et al, (2001), kebocoran masih bisa diterima jika daerah yang bocor kurang dari 15 mm pada daerah sensitive (gonad) yang berada di bagian depan apron yaitu kuadran 3 dan kuadran 4, atau setara dengan lubang berdiameter 4,3 mm. Jika kebocoran tidak dekat dengan organ sensitif (gonad) maka apron harus diganti bila kecacatan lebih besar dari 670 mm. Atau setara dengan lubang berdiameter 29 mm.
15. Tentukan Kesimpulan pengujian dari hasil perbandingan.

3.6 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.14 Diagram Alur Penelitian

3.7 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1. Variabel Bebas (*Independent*)**

Menurut Siyoto & Sodik (2015), variabel bebas (*independent*) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebas adalah pengujian *apron*.

- 2. Variabel Terikat (*Dependent*)**

Menurut Siyoto & Sodik (2015), variabel terikat (*dependent*) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat adalah hasil pengujian *lead apron*.

3.8 Teknik Pengumpulan Data

Cara pengumpulan data yang digunakan peneliti dalam pembuatan karya tulis ilmiah, yaitu :

- 1. Studi Kepustakaan**

Mendapatkan referensi yang relevan dari buku dan jurnal untuk mendukung penelitian terkait dengan masalah yang diteliti.

- 2. Observasi**

Dalam hal ini peneliti melakukan penelitian langsung ke lapangan untuk mengumpulkan data secara langsung. Peneliti melakukan pengujian *apron* dengan pengamatan menyeluruh pada kondisi *apron* di Instalasi Radiologi

RSUD Padang Pariaman Tahun 2025.

3. Dokumentasi

Mendokumentasikan semua prosedur penelitian dan hasil foto kondisi *apron* di Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman Tahun 2025

4. Eksperimen

Melakukan percobaan dan pengamatan secara langsung untuk pengujian *apron* di Instalasi Radiologi RSUD Padang Pariaman 2025.

3.9 Pengolahan Data

Setelah melakukan eksposi pada *apron* maka didapat hasil gambaran. Kemudian hasil gambaran *apron* yang mengalami kebocoran diolah dengan cara diukur menggunakan menu *tools “measure”* yang ada pada komputer DR, sehingga dapat dilihat berapa besar kerusakan yang disesuaikan dengan *tools* pengukur yang dipakai. Setelah diketahui seberapa luas kerusakan pada *lead apron* kemudian hasil pengukuran dicatat dan dimasukan kedalam tabel, setelah dimasukan kedalam tabel maka di bandingkan dengan teori seberapa besar kerusakan pada *lead apron*.

3.10 Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini merujuk pada penelitian Lambert dan McKeon (2001), *lead apron* tidak bisa digunakan lagi apabila ada kerusakan lubang atau robekan pada lead apron lebih dari 15 mm² pada daerah yang vital, misalnya *gonad* dan *thyroid* atau setara dengan lubang berdiameter 4,3 mm. Kerusakan berupa garis atau patahan lebih dari 670 mm² pada daerah tidak vital atau setara

dengan lubang berdiameter 29 mm, misalnya *abdomen, chest, dan shoulder*, maka *lead apron* juga tidak dapat digunakan lagi dan harus diganti.

Hasil pengukuran melewati batas toleransi menunjukkan pada kerusakan berat terhadap *lead apron* yang tidak berfungsi untuk melindungi organ dari radiasi, kain pada penutup luar sudah hancur, kecacatan pada lapisan pelindung area organ vital jelas terlihat dan tindakan *reject* harus segera dilakukan.

Hasil pengukuran yang masih dalam batas toleransi, maka dapat dinyatakan *lead apron* tersebut layak untuk digunakan. Sedangkan jika hasil pengukuran melebihi batas toleransi, *lead apron* tersebut perlu untuk dibuat pelaporan dan diganti.