

**ANALISIS KESELAMATAN PAPARAN RADIASI  
PESAWAT SINAR-X DI RSUD BENDAN PEKALONGAN**

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan Oleh:

Aldan Yusuf

20106020014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2025**

## HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1131/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Keselamatan Paparan Radiasi Pesawat Sinar-X Di RSUD Bendan Pekalongan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ALDAN YUSUF  
Nomor Induk Mahasiswa : 20106020014  
Telah diujikan pada : Rabu, 11 Juni 2025  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

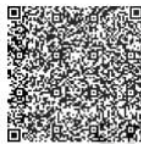
### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.  
SIGNED

Valid ID: 6850addad7684



Penguji I

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si  
SIGNED

Valid ID: 684fb96cbf5cf



Penguji II

Asih Melati, S.Si., M.Sc., Ph.D.  
SIGNED

Valid ID: 6850085116f7a



Yogyakarta, 11 Juni 2025  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6850d3ad5b4b9

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aldan Yusuf  
NIM : 20106020014  
Jurusan/Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul “ANALISIS KESELAMATAN PAPARAN RADIASI PESAWAT SINAR-X DI RSUD BENDAN PEKALONGAN” adalah benar-benar merupakan hasil karya penyusunan sendiri, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali pada bagian yang telah dirujuk dan disebut dalam *body note* dan daftar pustaka. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penyusun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi.

Yogyakarta, 16 Juni 2025

Penyusun,



Aldan Yusuf

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : ALDAN YUSUF  
NIM : 20106020014  
Judul Skripsi : ANALISIS KESELAMATAN PAPARAN RADIASI PESAWAT SINAR-X DI RSUD  
BENDAN KOTA PEKALONGAN

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Pembimbing II

Nurul Firdausi Nuzula, S.Si  
NIP. 19911228 2020122 005

Yogyakarta, 25 Mei 2025

Pembimbing I

Anis Yuniati, Ph.D.  
NIP. 19830614 200901 2 009

## HALAMAN MOTTO

Do'akan apa yang kamu kerjakan, dan kerjakan apa yang kamu do'akan

&

Biasakan menomor satukan ALLAH dan jadikan orang lain terhormat

“Jangan merasa memberi, Jangan merasa tersakiti, Hiduplah dengan cinta”

(K.H. Jalal Suyuthi)



## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT atas ridho dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat dengan mudah terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

\*\*\*

Perjalanan pendidikan saya hingga titik ini, saya persembahkan karya kecil ini untuk diri saya sendiri yang telah berusaha menyelesaikan dan memperjuangkan semuanya hingga titik ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi suatu kebanggan untuk keluarga dan masyarakat

\*\*\*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Keselamatan Paparan Radiasi Pesawat Sinar-X Di RSUD Bendan Pekalongan”**. Untuk diajukan guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program studi S1 pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Sholawat serta salam semoga tetap terlimpah-curahkan kehadiran junjungan kita Nabi Muhammad SAW, Keluarga dan Sahabatnya. Alhamdulillah atas ridho Allah SWT dan bantuan dari semua pihak, akhirnya skripsi ini dapat terealisasi. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini sudah sepatutnya penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, M.A, M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si., selaku Ketua Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah sabar dan ikhlas dalam membimbing serta membantu mengarahkan penulis selama proses penyusunan skripsi berlangsung. Serta telah memberikan waktu dan pikiran dalam mengarahkan dan membimbing penulis dalam segala hal yang berkaitan dengan dunia perkuliahan.
5. Ibu Nurul Firdausi Nuzula, S.Si., selaku pembimbing lapangan skripsi yang telah sabar memberikan waktu dan pikiran dalam mengarahkan penulis selama proses pengambilan data skripsi berlangsung.
6. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang sudah memberikan arahan selama perkuliahan, dan telah membantu penulis



dalam mengembangkan wawasan dan ide serta memberikan saran dalam proses awal pengajuan skripsi.

7. Seluruh dosen FISIKA UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu dan pengalaman pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Seluruh pegawai dan staff Tata Usaha FISIKA UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
9. Terimakasih banyak untuk kedua orang tua, yaitu Mamah Siti Barokah dan Abah Slamet Raharjo atas segala cinta, kasih sayang, dan dedikasi dalam menemani dan mendukung penulis selama proses pendidikan berlangsung sampai di titik ini. Do'a yang tiada henti setiap waktunya kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Terimakasih atas kepercayaan dan segala yang telah di perjuangkan selama ini untuk penulis, telah menjadi inspirasi yang baik bagi penulis. Semoga dengan karya ini dapat membuat Mamah dan Abah bangga dan membuktikan pada mereka jika kita mampu dan layak berada di titik ini.
10. Terimakasih banyak untuk sodara kandung penulis, Refala Yusuf yang telah mendukung dan selalu memberikan semangat penulis selama proses penyusunan skripsi sehingga penulis merasa lebih percaya diri dan mampu menyelesaikannya dengan baik. Semoga di masa mendatang mampu menjadi sosok yang lebih baik dan lebih hebat.
11. Untuk keluarga Kontrakan Posko PLAT G Kantil 165 yang telah menemani dan menjadi tempat singgah selama masa perkuliahan dan mendukung penulis selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Banyak perjuangan yang telah kita lewati, semoga kita terus dapat menjalin tali persaudaraan bersama.
12. Seluruh keluarga besar BSA *Production* dan ASSALAM MUSIK yang telah menjadi dorongan bagi penulis ketika tumbuh, berkembang, dan berjuang di Kota Istimewa Yogyakarta.
13. Seluruh mahasiswa Fisika UIN Sunan Kalijaga angkatan 2020 yang telah kebersamai penulis dalam menempuh masa perkuliahan.



14. Teruntuk orang lamaku yang belum lama datang kembali dalam kehidupan penulis. Terimakasih telah berjalan bersama dalam menyelesaikan skripsi ini, saling memberi dukungan dan menemani di setiap langkahnya. Terimakasih telah menjadi tempat pulang untuk penulis. Semoga kita dapat menjadi sesuai apa yang kita harapkan.
15. Terima kasih untuk semua pihak yang telah berkontribusi, meski tidak tertulis namanya satu-persatu. Terima kasih atas kontribusi yang tak terlihat namun terasa dalam setiap halaman karya ini.
16. Teruntuk seseorang yang luar biasa dan paling spesial, yaitu diri sendiri. Terimakasih sudah bertahan dan berjuang sejauh ini, sudah mampu menyelesaikan skripsi ini dengan versi terbaikmu. Terimakasih sudah melewati semua ini dengan kuat, ini bukanlah akhir melainkan awal dari segalanya. Semoga tetap kuat dan mampu bertahan dalam konsisi apapun, dan selalu bahagia di hadapan mereka. Tetap tumbuh dan semoga tetap dapat berkuasa atas dirimu sendiri.

Semoga Allah SWT memberikan barakah atas kebaikan dan jasa mereka semua dengan rahmat dan kebaikan yang terbaik dari-Nya. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi kecil dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi pembaca yang berkenan membacanya.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 25 Mei 2025

Penyusun



(Aldan Yusuf)

# **ANALISIS KESELAMATAN PAPARAN RADIASI PESAWAT SINAR-X DI RSUD BENDAN PEKALONGAN**

**Aldan Yusuf**  
**20106020014**

## **INTISARI**

Penelitian dengan judul Analisis Keselamatan Paparan Radiasi Pesawat Sinar-X Di RSUD Bendan Pekalongan ini bertujuan untuk menganalisis ketebalan dinding beton/lapisan Pb ruang pemeriksaan radiologi RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan ketentuan NCRP 49 dan menganalisis laju paparan radiasi dari pesawat sinar-X di luar ruang pemeriksaan radiologi RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan standar keselamatan radiasi. Penelitian dimulai dengan membuat denah dan ukuran ruang pemeriksaan radiologi dan mengukur ketebalan dinding beton/lapisan Pb yang ada di lapangan. Perhitungan kesesuaian tebal dinding beton/lapisan Pb berdasarkan ketentuan NCRP No.49 terdiri dari perhitungan perisai primer dan perhitungan perisai sekunder, dimana untuk perisai sekunder terdiri dari radiasi hambur dan radiasi bocor. Perhitungan nilai Faktor Transmisi (K), paparan radiasi hambur ( $K_{ux}$ ) dan radiasi bocor ( $B_{lx}$ ) digunakan untuk menentukan ketebalan dinding beton/lapisan Pb secara teoritis dari grafik korelasi tebal dinding beton/Pb untuk paparan radiasi. Laju paparan radiasi di luar ruang pemeriksaan radiologi diukur menggunakan surveymeter. Hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan bahwa ketebalan dinding ruangan pemeriksaan radiologi di RSUD Bendan Pekalongan telah memenuhi persyaratan tebal dinding desain ruang yang ditentukan oleh NCRP 49. Selain itu paparan radiasi di luar ruangan untuk semua jenis pesawat sinar-X masih berada pada kisaran yang relatif rendah. Hasil ini mengindikasikan bahwa desain ruangan dan perisai yang sudah ada efektif dalam menahan radiasi primer dan sekunder sehingga keselamatan radiasi baik untuk pekerja radiasi maupun masyarakat umum di RSUD Bendan Pekalongan telah terpenuhi.

**Kata kunci : NCRP 49, nilai batas dosis, penahan radiasi, radiologi, sinar-X**

# **ANALYSIS OF RADIATION EXPOSURE SAFETY OF X-RAY MACHINES AT BENDAN PEKALONGAN HOSPITAL**

**Aldan Yusuf**  
**20106020014**

## **ABSTRAC**

*The research titled "Analysis of Safety from X-Ray Exposure in RSUD Bendan Pekalongan" aims to analyze the thickness of the concrete walls/lead lining of the radiology examination room at RSUD Bendan Pekalongan based on NCRP 49 guidelines and to analyze the radiation exposure rate from the X-ray machine outside the radiology examination room at RSUD Bendan Pekalongan based on radiation safety standards. The study started with creating a floor plan and size of the radiology examination room and measuring the thickness of the existing concrete walls/lead lining on site. The calculation of the compliance of the thickness of the concrete walls/lead lining based on NCRP No.49 consists of calculations for primary shielding and calculations for secondary shielding, where secondary shielding includes scattered radiation and leakage radiation. The calculations for the Transmission Factor ( $K$ ), scattered radiation exposure ( $K_{ux}$ ), and leakage radiation ( $B_{lx}$ ) are used to theoretically determine the thickness of the concrete walls/lead lining from the correlation graph of wall concrete walls/Pb for radiation exposure. The radiation exposure rate outside the radiology examination room was measured using a survey meter. The measurement and calculation results indicate that the thickness of the walls of the radiology examination room at the Bendan Pekalongan Regional General Hospital has met the design wall thickness requirements set by NCRP 49. Additionally, radiation exposure outside for all types of X-ray machines is still within a relatively low range. These results indicate that the room design and existing shielding are effective in containing primary and secondary radiation, ensuring radiation safety for both radiation workers and the general public at the Bendan Pekalongan Regional General Hospital.*

**Keyword : dose limit values, NCRP 49, radiation protection, radiology, X-ray**

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>                                                                                 | <b>i</b>    |
| <b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>                                                                                      | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI .....</b>                                                                                    | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN MOTTO .....</b>                                                                                                  | <b>iv</b>   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>                                                                                            | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                                                                  | <b>vi</b>   |
| <b>INTISARI .....</b>                                                                                                       | <b>ix</b>   |
| <b>ABSTRAC.....</b>                                                                                                         | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                                                                      | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                                                                   | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                                                                   | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                                                                               | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                                                                    | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                                                                                    | 7           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                                                                 | 7           |
| 1.4 Batasan Penelitian.....                                                                                                 | 7           |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                                                                                 | 8           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                                                                         | <b>10</b>   |
| 2.1 Studi Pustaka .....                                                                                                     | 10          |
| 2.2 Dasar Teori.....                                                                                                        | 15          |
| 2.2.1 Sinar-X.....                                                                                                          | 15          |
| 2.2.2 Prinsip Sinar-X.....                                                                                                  | 17          |
| 2.2.3 Komponen Tabung Sinar-X .....                                                                                         | 19          |
| 2.2.4 Pesawat Sinar-X.....                                                                                                  | 22          |
| 2.2.5 Prinsip Proteksi Radiasi .....                                                                                        | 27          |
| 2.2.6 Ketentuan NCRP No.49.....                                                                                             | 31          |
| 2.2.7 Instalasi Radiologi.....                                                                                              | 40          |
| 2.2.8 Ruang pemeriksaan Radiologi .....                                                                                     | 48          |
| 2.2.9 Wawasan Islam Tentang Ilmu Analisis Keselamatan Paparan Radiasi<br>Pesawat Sinar-X .....                              | 54          |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                                                                                      | <b>57</b>   |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....                                                                                        | 57          |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....                                                                                          | 57          |
| 3.3 Prosedur Penelitian .....                                                                                               | 58          |
| 3.3.1 Analisis kesesuaian tebal dinding beton/Pb di RSUD Bendan<br>Pekalongan dengan ketentuan NCRP 49 .....                | 58          |
| 3.3.2 Analisis laju paparan radiasi dari pesawat sinar-X di RSUD Bendan<br>Pekalongan dengan standar keselamatan kerja..... | 71          |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                                                    | <b>74</b>   |
| 4.1 Hasil dan pembahasan analisis kesesuaian tebal dinding/Pb di RSUD<br>Bendan Pekalongan dengan ketentuan NCRP 49 .....   | 74          |
| 4.1.1 Perhitungan perisai primer ruangan pemeriksaan radiologi .....                                                        | 78          |
| 4.1.2 Perhitungan perisai sekunder ruangan pemeriksaan radiologi.....                                                       | 83          |

|                                                                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2 Hasil dan pembahasan analisis laju paparan radiasi dari pesawat sinar-X di<br>RSUD Bendan Pekalongan dengan standar keselamatan kerja ..... | 91         |
| 4.3 Integrasi-Interkoneksi.....                                                                                                                 | 94         |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                                                                                                                      | <b>97</b>  |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                                                                                            | 97         |
| 5.2 Saran .....                                                                                                                                 | 98         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                                                                                     | <b>99</b>  |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                                                                                            | <b>101</b> |
| <b>CURRICULUM VITAE.....</b>                                                                                                                    | <b>103</b> |



## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Ringkasan penelitian rujukan yang relevan .....                                                                                                                          | 14 |
| Tabel 2.2 Klasifikasi Rumah Sakit Kelas A (Menteri Kesehatan RI, 2008) .....                                                                                                       | 41 |
| Tabel 2.3 Klasifikasi Rumah Sakit Kelas B (Menteri Kesehatan RI, 2008) .....                                                                                                       | 42 |
| Tabel 2.4 Klasifikasi Rumah Sakit Kelas C (Menteri Kesehatan RI, 2008) .....                                                                                                       | 42 |
| Tabel 2.5 Klasifikasi Rumah Sakit Kelas D (Menteri Kesehatan RI, 2008) .....                                                                                                       | 42 |
| Tabel 2.6 Klasifikasi Puskesmas atau Klinik (Menteri Kesehatan RI 2008) .....                                                                                                      | 43 |
| Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian .....                                                                                                                                          | 57 |
| Tabel 3.2 Ukuran sisi ruangan pemeriksaan radiologi .....                                                                                                                          | 59 |
| Tabel 3.3 Jarak sumber radiasi ke titik pengukuran (d) dan menentukan besar nilai<br>laju paparan mingguan berdasarkan klasifikasi area diruang<br>pemeriksaan radiologi (P) ..... | 59 |
| Tabel 3.4 Tebal dinding beton/Pb ruang pemeriksaan radiologi .....                                                                                                                 | 60 |
| Tabel 3.5 Data jumlah pasien yang digunakan untuk perhitungan beban kerja ....                                                                                                     | 63 |
| Tabel 3.6 Hasil pengukuran laju paparan radiasi .....                                                                                                                              | 73 |
| Tabel 4.1 Data luas ruangan pemeriksaan radiologi setiap pesawat .....                                                                                                             | 74 |
| Tabel 4.2 Tebal dinding beton dan Pb ruangan pemeriksaan radiologi .....                                                                                                           | 77 |
| Tabel 4.3 Perhitungan perisai primer .....                                                                                                                                         | 80 |
| Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Radiasi Hambur .....                                                                                                                                   | 85 |
| Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Radiasi Bocor .....                                                                                                                                    | 89 |
| Tabel 4.6 Data laju paparan radiasi di luar ruangan ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ) .....                                                                                            | 92 |
| Tabel 4.7 Data laju paparan radiasi di luar ruangan ( $\text{mSv}/\text{tahun}$ ) .....                                                                                            | 93 |

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Gambar proses terjadinya radiasi <i>Bremsstrahlung</i> .....                                                                     | 16 |
| Gambar 2.2 Gambar proses terjadinya radiasi Karakteristik .....                                                                             | 17 |
| Gambar 2.3 komponen tabung pesawat sinar-X (Poetra, R D., 2019).....                                                                        | 20 |
| Gambar 2.4 Pesawat sinar-X <i>Portable</i> (Leily Savitri, 2015) .....                                                                      | 23 |
| Gambar 2.5 Pesawat sinar-X <i>Mobile (Mobile Radiographic)</i> .....                                                                        | 24 |
| Gambar 2.6 Pesawat sinar-X Konvensional.....                                                                                                | 25 |
| Gambar 2.7 Pesawat sinar-X Fluoroskopi .....                                                                                                | 26 |
| Gambar 2.8 Pesawat sinar-X Panoramik .....                                                                                                  | 27 |
| Gambar 2.9 Pesawat sinar-X <i>CT-Scan</i> .....                                                                                             | 27 |
| Gambar 2.10 Ilustrasi radiasi primer dan sekunder (kebocoran dan hambur) dan<br>radiasi yang ditransmisikan (Simanjuntak J dkk, 2022) ..... | 32 |
| Gambar 2.11 Ilustrasi jarak organ sensitif terdekat (Khoiri, 2009).....                                                                     | 33 |
| Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan denah dan ukuran ruang pemeriksaan<br>radiologi di RSUD Bendan Kota Pekalongan .....                      | 58 |
| Gambar 3.2 Diagram alir menentukan tebal perisai dinding primer.....                                                                        | 62 |
| Gambar 3.3 Grafik korelasi tebal dinding beton untuk paparan radiasi primer<br>(Khoiri, 2009).....                                          | 64 |
| Gambar 3.4 Grafik korelasi tebal timbal/Pb untuk paparan radiasi primer (Khoiri,<br>2009) .....                                             | 64 |
| Gambar 3.5 Diagram alir untuk menentukan radiasi hambur .....                                                                               | 66 |
| Gambar 3.6 Tabel rasio radiasi hambur (a) .....                                                                                             | 67 |
| Gambar 3.7 Grafik korelasi tebal beton untuk paparan radiasi hambur .....                                                                   | 68 |
| Gambar 3.8 Diagram alir untuk menentukan radiasi bocor .....                                                                                | 69 |
| Gambar 3.9 Diagram alir menentukan laju paparan radiasi.....                                                                                | 71 |
| Gambar 4.1 Denah ruangan pemeriksaan radiologi .....                                                                                        | 75 |
| Gambar 4.2 Detail denah ruangan pemeriksaan radiologi .....                                                                                 | 76 |

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Radiasi didefinisikan sebagai proses pemancaran energi dalam bentuk partikel atau gelombang yang melewati sebuah materi atau ruang. Radiasi atau pancaran gelombang elektromagnetik merupakan suatu proses dimana energi yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang berosilasi secara bersamaan dan merambat membawa energi tanpa memerlukan media perantara (Monita dkk, 2021). Penjelasan mengenai radiasi tertuang dalam Al-Qur'an surat An-Nur ayat 35 yang berbunyi:

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ مِثْلُ نُّورِهِ كَمِثْكَوَةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۖ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۚ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ  
دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُورٌ عَلَى  
نُورٍ ۚ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَن يَشَاءُ ۚ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

Artinya: "Allah (pemberi) cahaya (pada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya seperti sebuah lubang (pada dinding) yang tidak tembus yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam tabung kaca (dan) tabung kaca itu bagaikan bintang (yang berkilauan seperti) mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang diberkahi, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat, yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis). Allah memberi petunjuk menuju cahaya-Nya kepada orang yang Dia kehendaki. Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia. Allah Maha Mengetahui segala sesuatu" (QS: An-Nur : 35).

Di dalam tafsir Al-Mishbah dijelaskan bahwa dimana perkataan-Nya

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ

Terjemahnya: "Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi..."

Allah adalah pemberi cahaya kepada langit dan bumi baik cahaya yang bersifat material yang dapat dilihat mata, maupun immaterial berupa cahaya kebenaran, keimanan, pengetahuan dan lain-lain yang dirasakan dengan mata hati. Cahaya adalah salah satu bentuk radiasi gelombang elektromagnetik yang dapat merambat tanpa memerlukan medium seperti udara atau zat lain yang terdiri dari atom dan elektron. Artinya, cahaya bisa bergerak langsung melalui ruang hampa. Ketika cahaya atau radiasi ini dipancarkan ke tubuh manusia, sinar tersebut dapat menembus jaringan tubuh dan menghasilkan gambaran bagian dalam tubuh (anatomi). Dalam konteks ini, sinar-X yang merupakan jenis radiasi elektromagnetik dengan energi tinggi digunakan untuk menghasilkan gambar diagnostik yang membantu mendeteksi penyakit atau kelainan dalam tubuh manusia.

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh *Willhelm Roentgen* pada tahun 1895. Sifat alamiah sinar-X secara pasti ditemukan pada tahun 1912 bersamaan dengan ditemukannya difraksi sinar-X oleh kristal. Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, gelombang mikro, infra merah, cahaya tampak, sinar gamma, dan sinar ultraviolet. Panjang gelombang sinar-X adalah yang pendek yaitu  $10^{-10}\text{m}$  (Wiendartun, 2019).

Sinar-X mempunyai beberapa sifat fisik diantaranya mempunyai daya tembus yang tinggi, memiliki berkas yang dapat menghambur ke segala arah, efek fotografik (menghitamkan emulsi film), fluoresensi (memancarkan cahaya sewaktu ada radiasi sinar-X), ionisasi berbagai zat atau bahan, dan efek biologi yang dapat menimbulkan perubahan-perubahan biologi jaringan (Maryanto dkk, 2018). Sinar-

X dihasilkan dari tabung yang merupakan alat untuk menghasilkan elektron bebas, mempercepat dan berakhir menumbuk suatu target. Proses tumbukan ini akan menghasilkan sinar-X kontinu (*Bremstrahlung*) dan sinar-X karakteristik (Wiendartun, 2019).

Penggunaan sinar-X dalam bidang kesehatan, khususnya di unit radiologi, terus mengalami perkembangan pesat. Sinar-X dipakai untuk berbagai tujuan diagnostik, seperti radiologi diagnostik (pemeriksaan gambar organ tubuh), radiologi intervensional (prosedur medis dengan panduan sinar-X), dan radiologi onkologi (terapi kanker). Penggunaan sinar-X adalah radiasi pengion yang berpotensi berbahaya maka, penggunaan alat sinar-X harus memperhatikan keselamatan kerja agar risiko paparan radiasi dapat diminimalkan. Sinar-X memberikan manfaat besar dalam mendiagnosis penyakit dengan cara memanfaatkan prinsip radiasi untuk melihat kondisi organ yang bermasalah. Radiasi ini memungkinkan deteksi kelainan pada organ tubuh, sehingga penanganan penyakit bisa dilakukan lebih cepat dan tepat. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan dan manfaat radiasi dalam dunia medis, fasilitas radiologi di rumah sakit juga semakin banyak dan berkembang, menandakan kemajuan teknologi dan layanan kesehatan (Monita, 2016).

Peraturan mengenai keselamatan radiasi diatur dalam Peraturan BAPETEN No.8 tahun 2011 mengenai Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik Dan Intervensional dan disesuaikan dengan peraturan BAPETEN No.4 tahun 2020. Selain itu terdapat Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 yang mengatur tentang pelayanan radiologi harus

memperhatikan aspek keselamatan kerja radiasi. Peraturan tersebut disusun dalam upaya pengendalian, pengaturan dan penetapan tentang keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif serta batasan dosis radiasi yang digunakan dalam peraturannya. Peraturan tersebut tidak memiliki sifat korektif atau sifat memperbaiki terhadap kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja harus dihindari sebelum terjadi dan lingkungan kerja harus memenuhi syarat-syarat kesehatan yang jelas untuk melindungi radiasi pekerja (Maryanto dkk, 2018). Pelayanan radiologi sebagai bagian terintegrasi dalam pelayanan kesehatan secara menyeluruh merupakan bagian dari amanat Undang-Undang Dasar 1945 dimana kesehatan adalah hak fundamental setiap rakyat dan amanat Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1992 tentang Kesehatan (Wulandhari dkk, 2015).

Mengingat potensi bahaya radiasi yang besar dalam pemanfaatan sinar-X, faktor keselamatan merupakan hal yang penting untuk diperhatikan sehingga dapat memperkecil risiko akibat kerja di instalasi radiologi dan dampak radiasi terhadap pekerja radiasi. Prinsip perlindungan dari radiasi mencakup tiga aspek utama yaitu jarak, waktu, dan pelindung atau *sheilding*. Semakin jauh seseorang dari sumber radiasi, semakin kecil dosis yang diterima, sesuai dengan hukum invers kuadrat yang menyatakan bahwa intensitas radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Selain itu, durasi paparan juga berpengaruh, dimana semakin lama seseorang terpapar radiasi, semakin besar dosis yang diterima, sehingga mengurangi waktu di dekat sumber radiasi menjadi langkah efektif untuk meminimalkan risiko. Penggunaan bahan pelindung seperti dinding beton atau timbal juga penting karena material ini dapat menyerap atau menghalangi dinding

dari radiasi. Bahan pelindung seperti apron timbal juga dapat digunakan dalam prosedur radiologi untuk melindungi tubuh dari paparan langsung.

Salah satu upaya dalam pengawasan keselamatan radiasi adalah dengan menghitung ketebalan dinding sebagai penahan dari dalam ruangan radiasi sinar-X. Ada beberapa aturan dalam menentukan ketebalan perisai sinar-X untuk keperluan diagnostik yaitu ketentuan yang telah diterbitkan oleh BIR (*British Institute of Radiology*), NCRP (*National Council on Radiation Protection*), Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1014/Menkes/SK/XI/2008 tentang standar pelayanan radiologi diagnostik di sarana pelayanan kesehatan dan Peraturan BAPETEN No. 4 tahun 2013 tentang proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir. Peraturan NCRP 49 digunakan dalam perhitungan denah dan evaluasi penahan yang dibutuhkan untuk melindungi pekerja, pasien, dan masyarakat. Semua ketentuan tersebut didasarkan pada pertimbangan yang berbeda-beda sehingga mengakibatkan perbedaan ketebalan perisai pada masing-masing ketentuan pada ruang yang sama. Ketebalan perisai yang berbeda-beda perlu dievaluasi dalam hal kemampuannya untuk mengendalikan paparan radiasi supaya tingkat radiasi tidak melebihi batas dosis yang telah diatur oleh Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Wulandhari dkk, 2015).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wulandhari pada tahun 2015 dengan judul “Evaluasi Metode Perhitungan Ketebalan Perisai Pada Ruang Digital Radiografi” membahas mengenai ketebalan perisai sinar-X pada ruang digital radiografi dengan beberapa ketentuan yang ada diantaranya yang diterbitkan oleh NCRP (*National Council on Radiation Protection*), BIR (*British Institute of*

*Radiology*), KEMENKES No.1014/Menkes/SK/XI/2008 dan Peraturan Kepala BAPETEN No 8 Tahun 2011(Wulandhari dkk, 2015). Penelitian yang sejenis juga pernah dilakukan oleh Josepa Simanjuntak pada tahun 2022 dengan judul “Analisis penahan radiasi ruangan radiologi intervensi *cathlab* sebagai upaya proteksi keselamatan radiasi di RSUP H. Adam Malik Medan”. Penelitian ini mengevaluasi dinding struktural penahan radiasi ruang radiologi intervensi pesawat sinar-X fluoroskopi angiografi merek GE dan Philips, di *Cathlab* 1 dan 2 di Rumah Sakit Adam Malik dengan membandingkan antara data yang diperoleh dari perhitungan di lapangan dengan rekomendasi regulator ataupun teoritis.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka perlu dilakukan penelitian tentang analisis keselamatan paparan radiasi berupa ketebalan dinding perisai ruangan pemeriksaan radiologi dengan ketentuan NCRP 49 (*National Council on Radiation Protection*) dan mengukur laju paparan radiasi di RSUD Bendan Pekalongan mengingat penelitian sejenis ini belum pernah dilakukan. Penelitian ini berguna untuk mengevaluasi keselamatan radiasi dalam penggunaan sinar-X dan mencegah efek deterministik serta mengurangi risiko efek stokastik yang dapat terjadi pada pekerja, pasien, dan masyarakat umum di RSUD Bendan Pekalongan. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan kajian dasar arsitek dalam menerapkan aspek konstruksi ruang sinar-X untuk diagnostik agar memenuhi keselamatan radiasi.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah pada penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kesesuaian tebal dinding beton/lapisan Pb ruang pemeriksaan radiologi RSUD Bendan Pekalongan dengan ketentuan NCRP 49?
2. Bagaimanakah laju paparan radiasi dari pesawat sinar-X di luar ruang pemeriksaan radiologi RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan standar keselamatan radiasi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis ketebalan dinding beton/lapisan Pb ruang pemeriksaan radiologi RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan ketentuan NCRP 49.
2. Menganalisis laju paparan radiasi dari pesawat sinar-X di luar ruang pemeriksaan radiologi RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan standar keselamatan radiasi.

## 1.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di ruangan pemeriksaan radiologi *roentgen* A, *roentgen* B, dan ruangan pemeriksaan radiologi Panoramik di RSUD Bendan Pekalongan.

2. Penelitian ini menggunakan pesawat sinar-X konvensional (BMI Biomedical VZW2556RES-85), Pesawat sinar-X Fluoroskopi (GMM Opera T90 CS), dan Pesawat sinar-X Panoramik (Genoray DP-1G) di RSUD Bendan Pekalongan.
3. Penelitian ini menggunakan jumlah data pasien pemeriksaan *Thorax Ap/Pa* di ruang radiologi dalam kurun waktu antara tanggal 25 Juli 2024 sampai 25 Agustus 2024 di RSUD Bendan Pekalongan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Kontribusi ilmiah

Penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai tingkat paparan radiasi sinar-X di RSUD Bendan Pekalongan, terutama keselamatan pekerja dan pasien yang terpapar radiasi. Selain itu, penelitian ini juga menyajikan data empiris tentang tingkat paparan radiasi di RSUD Bendan Pekalongan yang dapat dimanfaatkan untuk referensi dalam penelitian selanjutnya.

2. Kontribusi praktis

Penelitian ini dapat memberikan saran praktis untuk meningkatkan atau memperbaiki keselamatan radiasi di RSUD Bendan Pekalongan, seperti penerapan prosedur kerja yang lebih aman, perancangan ruangan yang lebih baik untuk mengurangi paparan radiasi, serta penggunaan alat pelindung yang lebih efektif sesuai dengan protokol

keselamatan radiasi yang disesuaikan dengan kondisi lokal di RSUD Bendan Pekalongan.

### 3. Kontribusi kebijakan

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi bagi manajemen rumah sakit dan pihak berwenang dalam merumuskan kebijakan yang lebih baik terkait pengelolaan radiasi sinar-X. Hal ini bertujuan untuk melindungi kesehatan pekerja dan pasien, serta meningkatkan kesadaran dan advokasi terhadap pentingnya keselamatan radiasi di lingkungan medis sehingga dapat mendorong implementasi kebijakan keselamatan yang lebih ketat.

### 4. Kontribusi sosial

Penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dan pekerja medis mengenai risiko radiasi sinar-X dan pentingnya langkah-langkah pencegahan yang diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan pekerja medis dengan lingkungan kerja yang lebih aman.

### 5. Kontribusi pendidikan

Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar di bidang fisika medis, radiologi, dan keselamatan radiasi. Selain itu, hasil dari penelitian ini menjadi referensi bagi mahasiswa dan peneliti lainnya dalam pengembangan kurikulum yang lebih sesuai dengan kebutuhan praktis di lapangan terkait keselamatan radiasi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis keselamatan paparan radiasi pesawat sinar-X dengan ketebalan perisai dinding ruangan pemeriksaan radiologi dengan ketentuan NCRP 49 (*National Council on Radiation Protection*) dan mengukur laju paparan radiasi di RSUD Bendan Pekalongan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ketebalan dinding ruangan pemeriksaan radiologi di RSUD Bendan Pekalongan telah memenuhi persyaratan tebal dinding desain ruang yang ditentukan oleh NCRP 49 sehingga, dapat dikatakan persyaratan keselamatan radiasi baik untuk pekerja radiasi maupun masyarakat umum di RSUD Bendan Pekalongan telah terpenuhi. Hasil ini mengindikasikan bahwa desain ruangan dan perisai yang sudah ada efektif dalam menahan radiasi primer dan sekunder.
2. Paparan radiasi di luar ruangan untuk semua jenis pesawat sinar-X masih berada pada kisaran yang relatif rendah. Paparan tertinggi tetap ditemukan pada pesawat konvensional, sedangkan paparan terendah terdapat pada pesawat panoramik. Penggunaan pesawat sinar-X dengan teknologi yang lebih baru, seperti fluoroskopi dan panoramik, cenderung menghasilkan paparan radiasi yang lebih rendah di luar ruangan dibandingkan dengan pesawat konvensional. Data ini penting sebagai bahan evaluasi untuk memastikan bahwa paparan radiasi di lingkungan

sekitar ruang radiologi tetap berada di bawah batas aman yang telah ditetapkan, sehingga keselamatan pekerja dan masyarakat tetap terjaga.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis keselamatan paparan radiasi pesawat sinar-X dengan ketebalan perisai dinding ruangan pemeriksaan radiologi dengan ketentuan NCRP 49 (*National Council on Radiation Protection*) dan Peraturan BAPETEN No.4 Tahun 2020 untuk mengukur laju paparan radiasi di RSUD Bendan Pekalongan, peneliti memberi saran sebagai berikut :

1. Analisis penelitian mengenai analisis keselamatan paparan radiasi pesawat sinar-X dengan ketebalan perisai dinding ruangan pemeriksaan radiologi bisa menggunakan aturan yang lain seperti BIR (*British Institute of Radiology*), NCRP 147, dan NCRP 151.
2. Untuk mengukur laju paparan radiasi bisa menggunakan alat ukur yang lebih teliti atau lebih tinggi akurasi seperti YS Dosimeter, AMTAST DT-1130, atau AMTAST EMF828.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anti, Maisa Arni. 2022. “Standar Ruang Pelayanan Radiologi Dan Kedokteran Nuklir.” *BHAKTI Institusi Ilmu Kesehatan*.
- Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2014. “Proteksi Dan Keselamatan Radiasi BATAN.” *Standar BATAN*.
- Bukhari. 2020. <https://tanwir.id/tafsir-ilmi-konsep-radiasi-dalam-al-quran/>. Diakses pada 06 Mei 2024 pukul 13:15
- Dasril, Dila Nelvo, and Nerifa Dewilza. 2020. “Uji Efektifitas Dinding Ruangan Panoramik Instalasi Radiologi RSUD Prof. Dr. MA Hanafiah SM Batusangkar Menggunakan TLD-100.” *Physics Education Research Journal* 2(2): 95.
- Irsal, Muhammad, Firdha Adlia Syuhada, Yolanda Pangestu Ananda, Andre Galih Pratama Putra, Muhammad Rizky Syahputera, and Syahputera Wibowo. 2020. “Measurement of Radiation Exposure in Facilities for Radiology Diagnostic At the Covid-19 Emergency Hospital in Wisma Atlet Jakarta.” *Journal of Vocational Health Studies* 4(2): 55.
- Istifarinta, Osas Lisa. 2019. “Praktikum Radiologi Dan Radioterapi.” *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia*.
- Khoiri, Muhammad. 2009. “Analisis Keselamatan Radiasi Pada Laboratorium Sinar-X Industri STTN BATAN Yogyakarta.” *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir* (November): 423–34.
- Lestari, Dwy Intan. 2021. 140 “Tinjauan Proteksi Radiasi Pada Ruangan Konvensional Di Instalasi Radiologi RSUD Petala Bumi Provinsi Riau.” Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Awal Bros Pekanbaru.
- Maryanto, Djoko, Solichin, and Zaenal Abidin. 2018. “Analisis Keselamatan Kerja Radiasi Pesawat Sinar-X Di Unit Radiologi RSUD Yogyakarta.” *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*: 679–90.
- Menteri Kesehatan RI. 2008. “Standar Pelayanan Radiologi Diagnostik Di Sarana Pelayanan Kesehatan.” Surat keputusan Menteri Kesehatan RI tahun 2008.
- Monita, Rennyta. 2016. “Analisis Penerapan Keselamatan Radiasi Sinar-x Pada Pekerja Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center (PMC).”
- Monita, Rennyta, Zulmeliza Rasyid, Muhamadiyah Muhamadiyah, Firman Edigan, and Masribut Masribut. 2021. “Analisis Penerapan Keselamatan



- Radiasi Sinar-X Pada Petugas Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center (Pmc).” *Al-Tamimi Kesmas: Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health Sciences)* 9(1): 39–49.
- Rahman, Fadhlil Ulum Abdul, Aga Satria Nurrachman, Eha Renwi Astuti, Lusi Epsilawati, and Azhari Azhari. 2020. “Paradigma Baru Konsep Proteksi Radiasi Dalam Pemeriksaan Radiologi Kedokteran Gigi: Dari ALARA Menjadi ALADAIP.” *Jurnal Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia (JRDI)* 4(2): 27.
- Ramadhani, Santri, Dian Milvita, Heru Prasetyo, and Mursiyatun Mursiyatun. 2020. “Estimasi Laju Dosis Radiasi Yang Lolos Melalui Dinding Primer Dan Sekunder Berdasarkan Beban Kerja Pesawat Teleterapi Co-60 Di Instalasi Radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang (Studi Kasus Januari - Juni 2019).” *Jurnal Fisika Unand* 9(3): 284–91.
- Ramadhika Dwi Poetra. 2019. “BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64.” *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. 1(69): 5–24.
- Rasad, S., Kartoleksono, Ekayuda. I. 1999. FKUI Press *Radiologi Dignostik*. Jakarta.
- Simanjuntak, Josepa, Martua Damanik, and Elvita Rahmi Daulay. 2022. “Analisis Penahan Radiasi Ruangan Radiologi Intervensi Cathlab Sebagai Upaya Proteksi Keselamatan Radiasi Di Rsup. H. Adam Malik Medan.” *Prosiding Seminar Si-INTAN* 2(1): 28–38.
- Thomas S. Curry, James E. Dowdey, Robert C. Murry. *Christensen's Physics of Diagnostic Radiology*.
- Trikasjono, Toto, Kamila Hanifasari, and Budi Suhendro. 2015. “Analisis Paparan Radiasi Lingkungan Ruang Radiologi Di Rumah Sakit Dengan Program Delphi.” *Jurnal Teknologi Elektro* 6(3).
- Wiendartun. 2019. “Sinar X: Pengantar Fisika Zat Padat.” : 1–37. Modul 1 sinar-X
- Wiharja, U., & Al Bahar, A. K. 2019a. “Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi.” *Jurnal UMJ* 16: 0–7.
- Wiharja, U., & Al Bahar, A. K. 2019b. “Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi.” *Jurnal UMJ* 16: 0–7.
- Wulandhari, Wahyu Setia Budi, and Agung Dwiyanto. 2015. “Evaluasi Metode Perhitungan Ketebalan Perisai Pada Ruang Digital Radiografi.” *Youngster Physics Journal* 4(1): 31–40.