

**ANALISIS UJI KESESUAIAN KINERJA PESAWAT
SINAR-X KONVENSIONAL DAN PANORAMIK
DI RSUD BENDAN PEKALONGAN**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1

Program studi fisika



Diajukan oleh:

Mukti Astri Yani

22106020009

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026

HALAMAN PENGESAHAN



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-197/Un.02/DST/PP.00.9/01/2026

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Uji Kesesuaian Kinerja Pesawat Sinar-X Konvensional dan Panoramik di RSUD Bendan Pekalongan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUKTI ASTRY YANI
Nomor Induk Mahasiswa : 22106020009
Telah diujikan pada : Kamis, 22 Januari 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

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

Valid ID: 69784493646a



Penguji I

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

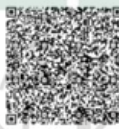
Valid ID: 69771716a5ea



Penguji II

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 697755484408



Yogyakarta, 22 Januari 2026

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 697867061d7b

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mukti Astri Yani

NIM : 22106020009

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul “Analisis Uji Kesesuaian Kinerja Pesawat Sinar-X Konvensional dan Panoramik di RSUD Bendan Pekalongan” merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Yogyakarta, 7 Januari 2025



Mukti Astri Yani
NIM. 22106020009

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI DAN TUGAS AKHIR



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 : Mukti Astri Yani
NIM : 22106020009
Judul Skripsi : Analisis Uji Kesesuaian Kinerja Pesawat Sinar-X Konvensional dan Panoramik di RSUD Bendan 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 berharap 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 202012 2 005

Yogyakarta, 9 Januari 2026

Pembimbing I

Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si
NIP.19820126 200801 2 008

MOTTO

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha.”

~ BJ Habibie ~

“Aku telah mencintai diri sendiri untuk diriku yang sekarang, untuk diriku yang kemarin, dan untuk diriku yang kuharapkan.”

~ RM (BTS) ~

“Jika kamu berpikir akan jatuh, injak pedal lebih keras.”

~ Suga (BTS): Nevermind ~

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang diberikan sampai saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Uji Kesesuaian Kinerja Pesawat Sinar-X Konvensional Dan Panoramik Di RSUD Bendan Pekalongan” dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat dan tanggung jawab untuk mendapatkan gelar Sarjana S-1 Program Studi Fisika di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Tak lupa pula dalam penyusunan laporan ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya laporan tugas akhir tidak lepas dari dukungan, semangat, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan banyak ucapan terima kasih khususnya kepada:

1. Orang tua, kakak, dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi tanpa henti selama proses pelaksanaan Tugas Akhir sampai selesai.
2. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si selaku ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
3. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir, dalam memberikan bimbingan, arahan dan doa yang sangat berarti kepada penulis selama melaksanakan penelitian hingga penyusunan laporan ini.
4. Ibu Nurul Firdausi Nuzula, S.Si selaku pembimbing lapangan, atas arahan dan bimbingannya serta masukan yang sangat berarti bagi penulis selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir.

5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan ilmu serta pengalaman kepada penulis.
6. Seluruh staf dan tim dari RSUD Bendan Pekalongan yang telah membantu dan memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar serta mendukung proses penelitian tugas akhir.
7. Ruppyta Wahyu Listyani Putri selaku teman seperjuangan selama pelaksanaan penelitian dan yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan dorongan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir.
8. Muhammad Ruziqi Hasan yang telah memberikan dorongan, motivasi, dan doa dalam proses penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir.
9. Serta kepada Semua pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan kontribusi dan bantuan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir maupun penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya dan menjadi referensi bagi kegiatan serupa di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 15 Desember 2025

Penulis

ANALISIS UJI KESESUAIAN KINERJA PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL DAN PANORAMIK DI RSUD BENDAN PEKALONGAN

Mukti Astri Yani
22106020009

INTISARI

Pesawat sinar-X merupakan modalitas utama dalam pelayanan radiologi diagnostik untuk membantu menunjang penegakkan diagnosis medis. Penggunaan pesawat sinar-X tidak lepas dari paparan radiasi pengion sehingga aspek keselamatan radiasi bagi pasien dan petugas perlu diperhatikan. Untuk memastikan keamanan dan kualitas pemeriksaan, diperlukan pemantauan kinerja peralatan melalui uji kesesuaian. Uji kesesuaian dilakukan untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X tetap berfungsi dengan optimal, menghasilkan kualitas citra yang baik, dan menjaga dosis radiasi yang diterima pasien dalam batas yang direkomendasikan. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis uji kesesuaian kinerja pada pesawat sinar-X konvensional dan panoramik, dan mengevaluasi parameter pengujian menggunakan standar nilai lolos uji berdasarkan Perka. BAPETEN No 2 Tahun 2022. Penelitian uji kesesuaian dilakukan pada pesawat sinar-X konvensional dan pesawat sinar-X panoramik yang berada di RSUD Bendan Pekalongan. Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif dengan teknik eksperimental pada setiap parameter uji kesesuaian dua pesawat sinar-X yaitu uji kolimasi berkas sinar-X, serta uji generator dan tabung sinar-X. Alat ukur uji kesesuaian yang digunakan pada penelitian ini yaitu uji kolimator yaitu *beam alignment test tool*, *collimator test tool*, dan lux meter serta untuk uji generator dan tabung yaitu berupa detektor R/F dan surveymeter RaySafe X2. Hasil uji untuk setiap parameter dalam penelitian ini menunjukkan nilai yang sesuai dengan batas lolos uji berdasarkan Perka BAPETEN No 2 Tahun 2022. Sehingga dari hasil uji kesesuaian, dapat disimpulkan untuk pesawat sinar-X konvensional dan pesawat sinar-X panoramik dikatakan andal dan layak digunakan secara klinis.

Kata kunci: dosis radiasi, keselamatan radiasi, pesawat sinar-X, radiologi diagnostik, uji kesesuaian

**ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF CONVENTIONAL AND
PANORAMIC X-RAY MACHINES AT BENDAN PEKALONGAN
REGIONAL GENERAL HOSPITAL**

Mukti Astri Yani
22106020009

ABSTRACT

X-ray machines are the primary modality in diagnostic radiology services to support medical diagnosis. The use of X-ray machines involves exposure to ionizing radiation, so radiation safety for patients and staff must be taken into consideration. To ensure the safety and quality of examinations, equipment performance must be monitored through compliance testing. Conformity testing is conducted to ensure that X-ray machines continue to function optimally, produce good image quality, and maintain the radiation dose received by patients within the recommended limits. The purpose of this study was to analyze performance conformity tests on conventional and panoramic X-ray machines and evaluate test parameters using pass value standards based on Perka. BAPETEN No 2 of 2022. The conformity test research was conducted on conventional X-ray machines and panoramic X-ray machines at the Bendan Pekalongan Regional General Hospital. This research was quantitative in nature, using experimental techniques for each conformity test parameter of the two X-ray machines, namely the X-ray beam collimation test and the X-ray generator and tube test. The conformity testing instruments used in this study were collimator tests, namely beam alignment test tools, collimator test tools, and lux meters, as well as R/F detectors and RaySafe X2 survey meters for testing generators and tubes. The test results for each parameter in this study showed values that were within the pass limits based on BAPETEN Regulation No 2 of 2022. Therefore, based on the conformity test results, it can be concluded that conventional X-ray machines and panoramic X-ray machines are reliable and suitable for clinical use.

Keywords: radiation dose, radiation safety, X-ray machine, diagnostic radiology, conformity test

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI DAN TUGAS AKHIR.....	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan Penelitian.....	8
1.5 Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Studi Pustaka.....	10
2.2 Landasan Teori.....	17
2.2.1 Sinar-X	17
2.2.2 Karakteristik Sinar-X	18
2.2.3 Interaksi Radiasi dengan Materi	22
2.2.4 Pesawat Sinar-X.....	25
2.2.5 Dampak Penggunaan Radiasi.....	38
2.2.6 Proteksi Radiasi	39
2.2.7 Dosimeter Radiasi	41
2.2.8 Uji Kesesuaian	43
2.2.9 Parameter Uji Kesesuaian	44
2.2.10 Integrasi Interkoneksi.....	61

BAB III METODE PENELITIAN	63
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	63
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	63
3.3 Tahapan Penelitian	65
3.3.1 Studi Literatur	66
3.3.2 Persiapan Lembar Kerja.....	67
3.3.3 Persiapan Alat dan Bahan	67
3.3.4 Pengukuran Parameter Uji Kesesuaian Kinerja Pesawat Sinar-X.....	68
3.3.5 Pengolahan Data dengan Microsoft Excel	77
3.3.6 Analisis Data	78
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	80
4.1 Hasil dan Pembahasan Pesawat Sinar-X Konvensional.....	80
4.1.1 Kolimasi Berkas Sinar-X	80
4.1.2 Generator dan Tabung Sinar-X	85
4.2 Hasil dan Pembahasan Pesawat Sinar-X Panoramik.....	95
4.2.1 Generator Dan Tabung Sinar-X.....	95
4.3 Integrasi Interkoneksi.....	102
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	105
5.1 Kesimpulan	105
5.2 Saran	105
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN.....	113

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Pustaka	15
Tabel 2.1 Parameter Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Konvensional	54
Tabel 2.2 Batas Nilai Lolos Uji Pesawat Sinar-X Konvensional	55
Tabel 2.3 Parameter Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Panoramik.....	59
Tabel 2.4 Batas Nilai Lolos Uji Pesawat Sinar-X Panoramik	61
Tabel 3.1 Alat dan Bahan pada Pesawat Sinar-X Konvensional	63
Tabel 3.2 Alat dan Bahan pada Pesawat Sinar-X Panoramik	65
Tabel 4.1 Hasil Uji Iluminasi Pesawat Sinar-X Konvensional.....	81
Tabel 4.2 Hasil Uji Selisih Lapangan Kolimasi Pesawat sinar-X Konvensional .	82
Tabel 4.3 Hasil Uji Ketegaklurusan Berkas Sinar-X Pesawat Sinar-X Konvensional	83
Tabel 4.4 Hasil Uji Akurasi Tegangan Pada Pesawat Sinar-X Konvensional	85
Tabel 4.5 Hasil Uji Akurasi Waktu Penyinaran Pesawat Sinar-X Konvensional .	87
Tabel 4.6 Hasil Uji Linearitas Keluaran Radiasi Fokus Besar Pesawat Sinar-X Konvensional	89
Tabel 4.7 Hasil Uji Linearitas Keluaran Radiasi Fokus Kecil Pesawat Sinar-X Konvensional	90
Tabel 4.8 Hasil Uji Reproduksiabilitas Pesawat sinar-X konvensional	92
Tabel 4.9 Hasil Uji Kebocoran Wadah Tabung pesawat sinar-X konvensional ...	94
Tabel 4.10 Hasil Uji Akurasi Tegangan Pesawat Sinar-X Panoramik.....	96
Tabel 4.11 Hasil Uji Akurasi Waktu Penyinaran Pesawat sinar-X Panoramik.....	98
Tabel 4.12 Hasil Uji Linearitas Keluaran Radiasi Pesawat Sinar-X Panoramik ..	99
Tabel 4.13 Hasil Uji Reproduksiabilitas Pesawat Sinar-X Panoramik	101

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tabung sinar-X.....	17
Gambar 2.1 Spektrum sinar-X.....	19
Gambar 2.2 Sinar-X Bremsstrahlung	20
Gambar 2.3 Sinar-X Karakteristik.....	21
Gambar 2.4 Skema Terjadinya Efek Fotolistrik	23
Gambar 2.5 Skema Geometri Efek Compton.....	24
Gambar 2.6 (a) Skema Sebelum Produksi Pasangan (b) Skema Setelah Produksi Pasangan	25
Gambar 2.7 Pesawat sinar-X konvensional	26
Gambar 2.8 Komponen Pesawat Sinar-X Konvensional.....	27
Gambar 2.9 Tabung sinar-X.....	27
Gambar 2.10 Pesawat Sinar-X Panoramik	31
Gambar 2.11 Skema Pemeriksaan Panoramik.....	31
Gambar 2.12 Posisi Pemeriksaan Pesawat Sinar-X Panoramik	32
Gambar 2.13 Komponen Pesawat Sinar-X Panoramik.....	33
Gambar 2.14 Bagian kepala tabung pesawat sinar-X panoramik.....	35
Gambar 2.15 Pengatur posisi kepala pada pesawat sinar-X panoramik.....	36
Gambar 2.16 Bite block pesawat sinar-X panoramik.....	36
Gambar 2.17 Pegangan pada pesawat sinar-X panoramik	37
Gambar 2.18 (a) Panel kontrol (b) Panel kontrol pengatur parameter eksposi (c) Panel kontrol pada proses pencitraan	38
Gambar 2.9 Detektor R/F sensor dan Base Unit	43
Gambar 2.10 Skema parameter ketegaklurusan berkas sinar-X	46
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	66
Gambar 3.2 Skema pengukuran uji iluminasi	70
Gambar 3.3 Skema Area pada Pengukuran Iluminasi	71
Gambar 3.4 Skema Uji Selisih Lapangan Kolimasi dan Ketegaklurusan Berkas	71
Gambar 3.5 Skema Selisih Lapangan Kolimasi dan Ketegaklurusan Berkas Sinar- X.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Lembar Kerja Penelitian	113
Lampiran 2: Hasil Data Uji Kesesuaian.....	118
Lampiran 3: Proses Pengolahan Data	122
Lampiran 4: Dokumentasi Penelitian.....	137



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aplikasi teknologi berbasis nuklir dalam bidang kesehatan mengalami perkembangan yang pesat di Indonesia, khususnya pada bidang radiologi. Radiologi mempunyai peranan yang sangat penting karena kemampuannya memberikan informasi secara akurat pada bidang medis. Ilmu radiologi merupakan suatu bidang ilmu yang memanfaatkan sumber radiasi berupa radiasi pengion untuk menghasilkan citra organ tubuh dan membantu mendiagnosis adanya suatu penyakit yang ditampilkan pada film radiografi (Maryanto dkk, 2008; Tohiri & Muttaqin, 2022). Pemanfaatan Radiasi pengion di dunia medis diawali dari penemuan sinar-X oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895. Penemuan ini menjadi suatu kebangkitan besar dalam teknologi pencitraan berbasis sinar-X yang mengalami perkembangan dan menjadi salah satu tonggak penting dalam kemajuan ilmu kedokteran modern, sebagai sarana diagnostik maupun terapi (Tipler dkk, 2012).

Radiasi pengion seperti sinar-X merupakan bentuk radiasi elektromagnetik yang memiliki energi cukup besar untuk melepaskan elektron dari atom atau molekul, sehingga dapat mengionisasi molekul ketika berinteraksi dengan materi. Apabila mengenai jaringan hidup, radiasi ini mampu mengubah struktur ion dalam sel dan berpotensi menimbulkan efek biologis (Septiyanti dkk, 2020). Dalam pemanfaatannya di dunia medis, radiasi sinar-X tidak dapat dideteksi oleh indra manusia bahkan dapat menimbulkan risiko bagi pasien, tenaga medis, maupun

masyarakat sekitar (Nugraheni dkk, 2022). Penerapan pada prinsip keselamatan radiasi dan optimasi dosis menjadi salah satu hal penting dalam praktik radiologi diagnostik.

Keselamatan dan perlindungan bahaya radiasi dapat diterapkan dengan menentukan parameter eksposi yang tepat oleh petugas radiasi dan memenuhi standar yang sudah ditetapkan. Penting bagi petugas radiologi untuk memastikan bahwa proteksi radiasi dilakukan tanpa mengurangi kualitas dari layanan kesehatan. Penggunaan parameter eksposi yang tidak sesuai dan proteksi yang tidak tepat dapat berdampak serius, khususnya terhadap pasien yang menerima paparan radiasi lebih dari batas dosis. Ketidaksesuaian pada kinerja pesawat sinar-X yang tidak terkalibrasi dengan baik, dan faktor eskposi juga dapat menghasilkan citra yang kurang optimal sehingga mengganggu dalam proses diagnosis (Michael, 2022). Pencegahan menjadi langkah penting dengan melakukan pemeriksaan rutin terhadap peralatan pesawat sinar-X untuk menjamin keamanan dan keefektifitasan penggunaannya. Proses pencegahan dapat dilakukan melalui uji kesesuaian yang diatur oleh BAPETEN atau lembaga berwenang lainnya, dengan tujuan untuk memastikan kinerja dari pesawat sinar-X sesuai spesifikasi dan memenuhi ambang batas keamanan yang telah ditetapkan (Lasiyah dkk, 2022).

Melalui manfaat dan dampaknya bagi kesehatan, berikut merupakan salah satu analogi penggunaan radiasi secara berlebihan dalam firman Allah SWT pada Q.S Al-A'raf [7]:31:

﴿يَبْنَى اءَمَ خُءُوا زِيَتَكُم عَنء كَلِّ مَسْءٍ وَّكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا اِنَّهٗ لَا يُحِبُّ

اَلْمُسْرِفِيْنَ ۝۳۱﴾

Artinya: “Wahai anak cucu Adam, pakailah pakaianmu yang indah pada setiap (memasuki) masjid dan makan serta minumlah, tetapi janganlah berlebihan. Sesungguhnya Dia tidak menyukai orang-orang yang berlebihan”.

Tafsir Quraish Shihab menjelaskan, ayat ini melarang kebiasaan sebagian orang meninggalkan pakaian ketika beribadah dengan alasan kesucian dari dosa dan kotoran duniawi. Allah SWT menekankan bahwa hendaknya setiap kali beribadah, baik ketika sholat, tawaf dan ibadah yang lainnya, harus mengenakan pakaian yang sopan, bersih, dan pantas sebagai tanda penghormatan kepada Allah SWT serta kepada ibadah itu sendiri. Pakaian yang dimaksud tidak harus menutupi bagian intim, tetapi mencerminkan kebersihan, kerapian, dan kesopanan, baik secara lahir maupun batin. Tafsir juga memerintahkan manusia terkait prinsip keseimbangan dalam Islam, yang mengajarkan arti kenikmatan atas nikmat Allah SWT secara wajar, tanpa melampaui batas. Islam tidak melarang manusia menikmati hal-hal duniawi yang halal, tetapi menekankan bahwa pemborosan dan kelebihan dapat menyebabkan penyakit baik penyakit jasmani maupun rohani yang harus dihindari. Oleh karena itu, segala bentuk berlebihan adalah perbuatan yang dibenci oleh Allah SWT. karena sesungguhnya Allah SWT tidak menyukai orang-orang yang melampaui batas (Shihab, 2005).

Berdasarkan tafsir sebagaimana firman Allah SWT segala sesuatu hal yang digunakan secara berlebihan atau pemborosan merupakan perbuatan tercela dan dibenci Allah SWT. Hal ini seperti pada penggunaan radiasi sinar-X dalam bidang

kesehatan. Sebagai sarana diagnostik, sinar-X memang memberikan manfaat besar, tetapi jika paparannya berlebihan atau tidak terkendali, justru dapat menimbulkan madharat yang serius. Terutama ketika faktor eksposi yang diberikan tidak terkontrol dengan baik ketika pemeriksaan berlangsung akan menyebabkan paparan dosis yang berlebih dari batas ambangnya.

Pada unit radiologi terdapat berbagai macam jenis pesawat sinar-X, salah satunya pesawat sinar-X konvensional dan pesawat sinar-X panoramik. Kedua pesawat ini mempunyai kegunaan yang sama untuk melakukan diagnostik medis dengan menggunakan sinar-X, perbedaan terletak pada segi cakupan area pemeriksaan. Pesawat sinar-X konvensional merupakan salah satu modalitas radiologi yang paling sering digunakan di rumah sakit untuk memeriksa berbagai organ tubuh. Perangkat ini dapat dipasang secara permanen di ruang radiologi atau bersifat portabel untuk memenuhi kebutuhan khusus. Karena penggunaannya yang sangat intensif, jika tidak dipantau secara rutin mesin-mesin ini sangat rentan mengalami penurunan kinerja. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan program kualitas kontrol secara berkala untuk memastikan perangkat sinar-X berfungsi dengan baik dan aman digunakan (Hashemi dkk, 2019).

Berbeda dengan pesawat sinar-X konvensional, pesawat sinar-X panoramik memiliki fungsi khusus dibidang kedokteran gigi (American Dental Association on Scientific Affairs, 2006). Perangkat ini mampu menghasilkan gambar komprehensif dari rahang dan gigi, yang sangat membantu dalam diagnosis ortodontik dan bedah mulut. Karakteristik pesawat sinar-X panoramik ini berupa teknik rotasi tabung sinar-X disekitar kepala pasien, perangkat ini memerlukan evaluasi kinerja secara

berkala untuk memastikan kualitas gambar tetap optimal dan paparan radiasi tetap dalam batas aman (Izzetti dkk, 2021).

Landasan hukum dalam proses pengujian tertera pada Peraturan Kepala BAPETEN No 2 Tahun 2022 tentang perubahan atas Peraturan Kepala BAPETEN No 2 Tahun 2018 mengenai Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional. Pada pasal 5 disebutkan bahwa pengujian dilakukan secara berkala paling lama setiap empat tahun sekali untuk radiografi umum, fluoroskopi, CT-Scan dan gigi. Regulasi ini menjadi dasar hukum penting yang menjamin pelaksanaan radiologi sesuai dengan standar mutu dan keselamatan untuk pasien maupun tenaga medis (BAPETEN, 2018, 2022).

Peraturan tersebut mencakup sejumlah parameter teknis yang menjadi indikator kinerja alat yaitu meliputi, uji kolimasi berkas sinar-X, uji generator dan tabung sinar-X, dan uji sistem kendali otomatis atau *Automatic Exposure Control* (AEC). Uji kolimasi berkas sinar-X penting untuk dilakukan karena secara langsung mempengaruhi dosis radiasi bagi pasien dan menentukan kelayakan pada pengoperasian pesawat sinar-X terhadap pasien (Sari dkk, 2023). Uji generator dan tabung sinar-X juga penting untuk dilakukan karena merupakan salah satu komponen utama pada pesawat sinar-X yang membantu dalam menentukan kualitas citra dan kuantitas dosis radiasi yang diberikan. Parameter terkait generator dan tabung ini meliputi akurasi tegangan, akurasi waktu penyinaran, akurasi linearitas keluaran radiasi, reproduksibilitas, kualitas berkas sinar-X dan kebocoran wadah tabung (Tohiri & Muttaqin, 2022). Uji sistem kendali otomatis (AEC) juga penting untuk dilakukan jika pada pesawat sinar-X memiliki sistem AEC yang tersedia.

Penelitian yang berhubungan dengan uji kesesuaian telah banyak dilakukan, seperti pada penelitian oleh Tohiri & Muttaqin (2022) yang melakukan uji kesesuaian kinerja pada generator dan tabung untuk pesawat sinar-X merek *Siemens*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan detektor RaySafe X2 sensor dan RaySafe X2 survey sensor. Penulis menganalisis hasil yang didapatkan dengan membandingkan nilai lolos uji berdasarkan Perka BAPETEN No 2 Tahun 2018. Selain itu, penelitian oleh Saputra & Bisra (2021) terkait dengan uji kesesuaian pada penyimpangan luasan kolimator dan ketegaklurusan berkas sinar-X. Penelitian ini menggunakan *collimator beam* untuk mengukur kesejajaran lapangan penyinaran dan kesejajaran titik pusat pada pesawat sinar-X *merk/type villa medial system/6100CRAD*, dengan acuan regulasi berdasarkan KEMENKES RI Nomor 1250 Tahun 2009 dan Perka BAPETEN No 2 Tahun 2018. Pada penelitian lainnya oleh Kurniawan dkk (2023) yang melakukan uji kesesuaian pada pesawat sinar-X panoramik *cephalometri CS8100SC*. Penelitian ini dilakukan untuk parameter kolimasi dan generator serta tabung sinar-X menggunakan alat *piranha multitester tool* dan RaySafe. Pada penelitian ini acuan yang digunakan yaitu peraturan kepala BAPETEN No 2 Tahun 2018.

Berdasarkan pemaparan di atas, keselamatan terhadap radiasi sangat penting untuk dilakukan, mengingat pesawat sinar-X ini sering digunakan sebagai modalitas utama dalam membantu diagnosis bagian internal tubuh pasien. Salah satu langkah pada keselamatan radiasi yaitu dilakukannya uji kesesuaian, yang dapat membantu dalam menjaga hasil pemeriksaan dengan lebih akurat dan optimal. Pelaksanaan uji kesesuaian juga dapat memberikan hasil kualitas citra

lebih jelas serta dosis yang diberikan kepada pasien sesuai dengan regulasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu, penelitian pada uji kesesuaian ini bertujuan memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait dengan mutu layanan radiologi, dan kondisi terkini dari kinerja pada dua jenis pesawat sinar-X yaitu konvensional dan panoramik di RSUD Bendan Pekalongan, dengan memperhatikan langkah-langkah pengukuran sesuai dengan peraturan BAPETEN. Data yang didapatkan dari pengukuran parameter uji dapat dianalisis serta dibandingkan dengan nilai lolos uji pada Peraturan Kepala BAPETEN No 2 Tahun 2022.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun dari latar belakang yang telah diuraikan, berikut merupakan rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana hasil analisis parameter uji kesesuaian kinerja kolimator dan generator serta tabung pada pesawat sinar-X konvensional di RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan Perka. BAPETEN No 2 Tahun 2022?
2. Bagaimana hasil analisis parameter uji kesesuaian kinerja generator dan tabung pada pesawat sinar-X panoramik di RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan Perka. BAPETEN No 2 Tahun 2022?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah pada penelitian, berikut merupakan tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis nilai parameter uji kesesuaian kinerja kolimator dan generator serta tabung pada pesawat sinar-X konvensional di RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan Perka. BAPETEN No 2 Tahun 2022.
2. Menganalisis nilai parameter uji kesesuaian kinerja generator dan tabung pada pesawat sinar-X panoramik di RSUD Bendan Pekalongan berdasarkan Perka. BAPETEN No 2 Tahun 2022.

1.4 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan pada penelitian mengenai pengukuran uji kesesuaian pada dua jenis pesawat sinar-X berupa konvensional dan panoramik di RSUD Bendan Pekalongan yang dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Pengujian pada pesawat sinar-X konvensional merek BMI 8 Biomedical VZW2556RES-85 dengan model tabung E7239X merek TOSHIBA, dilakukan pada parameter uji kolimasi berkas sinar-X dan generator dan tabung sinar-X. Pengujian ini tidak dilakukan pengukuran pada parameter uji kualitas berkas sinar-X (HVL) dan uji kendali paparan otomatis (AEC). Alat ukur yang digunakan berupa detektor R/F, detektor surveymeter dan detektor lux meter yang terintegrasi dengan base unit dengan masing-masing merek yaitu RaySafe X2.
2. Pengujian pada pesawat sinar-X panoramik merek Genoray DP-1G dengan model tabung D-051 merek TOSHIBA, dilakukan hanya pada parameter

generator dan tabung sinar-X. Tetapi tidak dilakukan untuk parameter kolimasi dan kebocoran wadah tabung. Alat ukur yang digunakan berupa detektor R/F yang terintegrasi dengan base unit dengan merek RaySafe X2.

3. Hasil pengujian pada pesawat sinar-X konvensional dan panoramik menggunakan regulasi terbaru pada Peraturan Kepala BAPETEN No 2 Tahun 2022 tentang perubahan atas peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapatkan melalui rumusan masalah dan tujuan pada penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terbaru terkait keselamatan bagi pasien, masyarakat sekitar dan fisikawan medis ataupun tenaga kesehatan pada penggunaan radiasi pesawat sinar-X radiologi diagnostik.
2. Memberikan informasi terkait antisipasi dari potensi pada uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik di RSUD Bendan Pekalongan.
3. Memberikan informasi terkait pentingnya pengujian uji kesesuaian pada pesawat sinar-X radiologi diagnostik sebagai upaya untuk memperoleh citra radiologi yang jelas dan memastikan dosis radiasi yang diberikan sesuai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada uji kesesuaian untuk pesawat sinar-X konvensional dan sinar-X panoramik di RSUD Bendan Pekalongan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis uji kesesuaian kinerja kolimator dan generator serta tabung pada pesawat sinar-X konvensional dengan merek BMI 8 Biomedical VZW2556RES-85 di RSUD Bendan Pekalongan menunjukkan nilai untuk semua parameter masih dalam batas aman lolos uji sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pada Perka. BAPETEN No 2 Tahun 2022 sehingga, modalitas tersebut andal dan layak untuk dioperasikan.
2. Hasil analisis uji kesesuaian kinerja generator dan tabung pada pesawat sinar-X panoramik merek Genoray DP-1G di RSUD Bendan Pekalongan menunjukkan nilai untuk semua parameter masih dalam batas aman lolos uji sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pada Perka. BAPETEN No 2 Tahun 2022 sehingga, modalitas tersebut andal dan layak untuk dioperasikan.

5.2 Saran

Adapun beberapa hal berupa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya dari uji kesesuaian pesawat sinar-X yaitu sebagai berikut:

1. Uji parameter kualitas berkas sinar-X perlu dilakukan dengan memastikan ketersediaan filter aluminium sebagai alat uji, sehingga pengujian dapat berjalan

sesuai standar dan hasil dapat digunakan untuk menilai kinerja pesawat sinar-X secara andal serta kelayakannya dalam penggunaan klinis.

2. Uji parameter kolimasi dan berkas sinar-X perlu dilakukan dengan memastikan ketersediaan bahan film radiochromic sebagai alat uji, sehingga pengujian dapat berjalan sesuai standar dan hasil dapat digunakan untuk menilai kinerja pesawat sinar-X secara andal serta kelayakannya dalam penggunaan klinis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, J. 2017. *Sejarah Sinar-X*. SCRIBD.
<https://www.scribd.com/document/351596419/Sejarah-SINAR-X>
- Alphanoda, A. F. 2016. Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan Terhadap Laju Korosi pada Hasil Electroplating Hard Chrome. *JTERA: Jurnal Teknologi Rekayasa*, **1(1)**, 1–6.
- American Dental Association on Scientific Affairs. 2006. The Use of Dental Radiographs: Update and Recommendations. *Journal of the American Dental Association*, **137(9)**, 1304–1312.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0393>
- Aswad, A., Abdullah, B., & Tahir, D. 2018. Studi Quality Control (QC) Pesawat Fluoroscopy (Angiografi) di PT. Siloam Internasional Hospital Makassar menggunakan Multimeter RaySafe (X2) dan Black Piranha RTI. *POSITRON*, **8(2)**, 25. <https://doi.org/10.26418/positron.v8i2.13752>
- Attix, F. H. 2004. *Introduction to Radiological Physics Radiation Dosimetry and Radiation Dosimetry*. Wiley-VCH, Weinheim.
- Ayu, M. S. K. 2018. *Proteksi Radiasi Pada Pasien, Pekerja, dan Lingkungan di Dalam Instalasi Radiologi*.
- Azis, Y., & Nababan, S. 2019. Analisa Faktor mA Pada Pesawat X-Ray General Merk Allengers Type 325. Dalam *Jurnal Mutiara Elektromedik*, **3(2)**.
- Bailey, D. L., Humm, J. L., Todd-Pokropek, A., & Van Aswegen, A. 2014. *Nuclear Medicine Physics A Handbook for Teachers and Students*.
- BAPETEN. 2014. *Pedoman Uji Pesawat Sinar-X: Pesawat Gigi*, 1-31.
- BAPETEN. 2015. *Seri Pedoman Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X: Metode Uji Radiografi Umum dan Radiografi Mobile*.
- BAPETEN. 2018. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
- BAPETEN. 2020. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2020 Tentang Keselamatan Radiasi Pada Penggunaan Pesawat Sinar-X Dalam Radiologi Diagnostik Dan Intervensional*.
- BAPETEN. 2022. *Lampiran I Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.

- BAPETEN. 2022. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.
- BAPETEN. 2024. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2024 Tentang Izin Bekerja Petugas Pada Fasilitas Radiasi Dan/Atau Kegiatan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion*.
- Choudhary, S. 2018. Deterministic and Stochastic Effects of Radiation. *Cancer therapy & Oncology International Journal*, **12(2)**. <https://doi.org/10.19080/ctoj.2018.12.455834>
- Daenuri, A. E. 2011. Sistem Proteksi Radiasi : Analisis Terhadap Bidang Radiologi Rumah Sakit. *Jurnal PHENOMENON*, **1(1)**, 47–62.
- Dance, D. R., Christofides, S., Maidment, A. D. A., Mclean, I. D., & Ng, K. H. 2014. *Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students*.
- Delage, P. 2011. *Radiochromic Film Dosimetry System: From Calibration to in Vivo Measurements and Intensity-Modulated Radiation Therapy Quality Assurance Measurements*. <https://www.researchgate.net/publication/50278865>
- Desouky, O., Ding, N., & Zhou, G. 2015. Targeted and non-targeted effects of ionizing radiation. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, **8(2)**, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.03.003>
- Firdaus, A. R. H., Alwiyah, A. U., & Sudarti. 2024. *Analisis Strategi Proteksi Radiasi Pada Tenaga Kerja Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit*. <http://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/eduproximaEDUPROXIMA6>
- Fransiska, E., Nehru, & Afriyanto, M. F. 2018. Uji Kesesuaian Berkas Sinar-X Dengan Berkas Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Instalasi Radiologi RSUD Raden Mattaher Jambi. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15(1)**, 77–83. <http://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI>
- Gideon, S., & Guswantoro, T. 2019. Analisis Luaran Radiasi Perangkat Sinar-X dengan Sumber Tabung Vakum Gammatron 2x2A. Dalam *Jurnal EduMatSains*, **3(2)**.
- Hariyanto, D., & Permana, S. 2019. Studi Intensitas Radiasi Menggunakan Survey Meter Berbasis Tabung Geiger M4011 dan Mikrokontroler Arduino Uno. *SNIPS 2019*.
- Haryanto, M., Pitaloka, A., Indriyani, A., Sudarti, & Mahmudi, K. 2024. Analisis Pengaruh Radiasi Non-Ionizing dalam Penggunaan Lampu LED pada Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Agro Indragiri*, **9**, 60–65. DOI: <https://doi.org/10.32520/jai.v4i1>

- Hashemi, M., Bayani, S., Shahedi, F., Momennezhad, M., Zare, H., & Gholamhosseinian, H. 2019. Quality assessment of conventional X-ray diagnostic equipment by measuring X-ray exposure and tube output parameters in Great Khorasan Province, Iran. *Iranian Journal of Medical Physics*, **16**(1), 34–40. <https://doi.org/10.22038/ijmp.2018.33719.1417>
- Hernawati, Sahara, & Hermawati. 2016. Analisis Dosis Paparan Radiasi di Unit Radiologi RS. Bhayangkara Makassar. Dalam *JFT*, **1**(3).
- Hyperastuty, A. S., Mukhammad, Y., & Sugeng. 2021. Analisis Uji Kesesuaian Pesawat Sinar X Radiografi Mobile Merk Drgem Topaz-40d Menggunakan X-Ray Multimeter PIRANHA. *Journal Of Health Science (Jurnal Ilmu Kesehatan)*, **4**(1), 19–26. <https://www.ejournalwiraraja.com/index.php/JIK2356-5284>
- Ilmiyah, N. 2025. Implikasi Bioetika Dalam Prespektif Islam: Analisis Literatur Tentang Peran Teologi Dalam Isu Biologi Reproduksi Dan Genetika. *Interdisciplinary Explorations in Research Journal (IERJ)*, **3**, 506–523. <http://shariajournal.com/index.php/IERJ/>
- Inayah, A. 2021. *Pesawat Sinar-X Stationer*.
- Indah, N. H. 2023. *Analisis Keluaran Radiasi Pada Pesawat Sinar-X Fluoroskopi Dual Fungsi Di R.S Wahidin Sudirohusodo Makassar*.
- Indrati, R., Masrochah, S., Susanto, E., Kartikasari, Y., Wibowo, A., & Darmini, A. 2017. *Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik dan Intervensial*. Inti Medika Pustaka.
- Izzetti, R., Nisi, M., Aringhieri, G., Crocetti, L., Graziani, F., & Nardi, C. 2021. Basic knowledge and new advances in panoramic radiography imaging techniques: A narrative review on what dentists and radiologists should know. *Applied Sciences (Switzerland)*, **11**(17). <https://doi.org/10.3390/app11177858>
- Jamaluddin, I. H., Labania, H., ESesa, dan, & Abstrak, I. 2020. *Evaluasi Variasi Faktor Eksposi Terhadap Dosis Paparan Radiasi Pada Pesawat Sinar-X Model E7242 di RSUD Madani Palu (Evaluation of Variation of Exposure Factors on Radiation Exposure Doses on X-Ray Model E7242 in Madani Hospital, Palu)*. <https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/GravitasiFisika>
- Kalinowska, I. rozylo. 2021. *Panoramic Radiography in Dentistry*. **2**, 25–30. <https://doi.org/10.1007/s41894-021-00111-4>
- Khairina, A. 2017. *Simulasi Gantry CT-Scan*.
- Krane, K. S. 2012. *Modern Physics Third Edition*. John Wiley & Sons, INC.
- Kurniawan, A., Rochmayanti, D., & Prastanti, A. (2023). Uji Kesesuaian Pesawat Panoramic Cephalometrucdi Laboratorium Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi, Poltekkes Kemenkes Semarang (Uji Menggunakan Film Gafchromic). *Jurnal Rdiografer Indonesia*, 11–14.

- Labib, R. M. 2024. *Simulasi Interlock Pada Tabung Sinar-X*.
- Laitabun, Y. M., Sutanto, H., & Anam, C. 2013. Pengukuran Laju Paparan Radiasi Sinar-X Pada Ruang Operator RSUD, Prof. DR. W. Z. Johannes Kupang. *Youngster Physics Journal*, **2**, 49–52.
- Lannucci, J. M. ., & Howerton, L. Jansen. 2017. *Dental radiography : principles and techniques*. Elsevier/Saunders.
- Lasiyah, N., Pertiwi, Y., Mulyadi, R., & Nofriyanto. 2022. Analisis Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi Mobile Merk Allengers Type MARS-6 SBM. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, **7(2)**, 154–158.
- Maharani, S. N. 2024. *Uji Kesesuaian Lapangan Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Konvensional Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Indriati Solo Baru*.
- Martem, D., Milvita, D., Yuliati, H., & Kusumawati, D. D. 2015. Pengukuran Dosis Radiasi Ruangan Radiologi II Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Baiturrahmah Padang Menggunakan Surveymeter Unifors-XI. *Jurnal Fisika Unand*, **4(4)**, 414–417.
- Maryanto, D., Solichin, & Abidin, Z. 2008. Analisis KeselamatanKerja Radiasi Pesawat Sinar-X di Unit Radiologi RSUD Kota Yogyakarta. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*, 679–689.
- Meredith, W. J. ., & Massey, J. B. . 1983. *Fundamental Physics of Radiology* (Third Edition). Wright.
- Michael. 2022. Pengaruh Faktor Eksposi Terhadap Kualitas Citra Radiografi Thorax dan OSSA Cruris pada PesawatRadiografi Umum di RSUD Bina Kasih Medan. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, **1(3)**, 130–132. <https://jurnal.risetilmiah.ac.id/index.php/jti>
- Mikra. 2020. *300: Fisika SMA: Apakah Spektrum Sinar-X Bergantung Pada Jenis Logam? Hukum Moseley*.
- Miller, D. L. D., & Schauer, S. D. 2015. The ALARA Principle in Medical Imaging. *AAPM Newsletter*, **40(1)**, 38–39. www.aapm.org
- Mrzezo. 2015. *Kedokteran Gigi Saku: mesin wawasan kedokteran gigi klinis tercepat*. pocketdentistry.
- Nisa, C., Heri Saputro, U., Prima Putra, N., & Annazifa, S. 2023. Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Sinar-X. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, **4(4)**, 6335–6340.
- Normawati, S., Rustiah, W., Ansar, A., Mahdania Harun, H., Rusli, M., & Lestari, R. 2021. Analysis of Radiation Protection for Radiation Workers in the Radiology Installation of Hasanuddin Makassar University Hospital. *Universitas Hasanuddin Makassar*, **1(1)**, 80–85.

- Nugraheni, F., Anisah, F., & Susetyo, G. A. 2022. Analisis Efek Radiasi Sinar-X pada Tubuh Manusia. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya)*, 19–24.
- Nurlina, N. 2017. *Fisika Kuantum* (M. S. Fakhruddin, Ed.). LPP Unismuh Makassar. <https://www.researchgate.net/publication/336285131>
- Patresya, R. D., Nasokha, I. M. M., & Nugroho, A. 2024. Studi kasus penerapan proteksi radiasi terhadap pasien di instalasi Radiologi RSUD dr.R Soetijono Blora. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiah Yogyakarta*, 2, 1347–1350.
- Prabhu, S., Naveen, D. K., Bangera, S., & Subrahmanya Bhat, B. 2020. Production of X-RAYS using X-RAY Tube. *Journal of Physics: Conference Series*, 1712(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1712/1/012036>
- Rahmat, Y., Melani Gustia, R., & Salim, A. 2022. Analysis of the Scattering from Conventional X-ray in the Radiology Installation of Zainab Hospital. *Medical Imaging and Radiation Protection Research Journal*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.54973/mirror.v2i1.206>
- Safitri, E., & Silahuddin, A. 2025. Integrasi Interkoneksi Dalam Studi Keislaman UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. *Misbahul Ulum (Jurnal Institusi)*, 7, 46–67.
- Salsabila, S., & Utami, A. P. 2025. Uji Akurasi Tegangan Keluaran Radiasi Pada Pesawat Sinar-X Merk FDR Smart X Di RS PKU Muhammadiyah Bantul. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(1), 3650.
- Saputra, Y., & Bisra, M. 2021. Conformity Test Of The Collimator Beam To X-Ray On Diagnostic X-Ray Machine At The Radiology Installation Of Arifin Achmad Hospital, Riau Uji Kesesuaian Collimator Beam Dengan Berkas Sinar-X Pada Pesawat Sinar-X Diagnostik Di Instalasi Radiologi Rsud Arifin Achmad Provinsi Riau. Dalam *Medical Imaging and Radiation Protection Research Journal 2021*. 1(1)
- Sari, K., Nadia Surahmi, & Supriyanti. 2023. Uji Kolimator Antara Lapangan Penyinaran Dengan Berkas Radiasi Yang Dihasilkan Pada Pesawat Sinar-X Konvensional Di Instalasi Radiologi. *PERISAI: Jurnal Pendidikan dan Riset Ilmu Sains*, 2(2), 280–290. <https://doi.org/10.32672/perisai.v2i2.141>
- Sastrowijoyo, S., Sudiharto, P., Soenarto, Y. S., Jenie, U. anggara, Abdullah, M. amin, Kusmaryanto, C. B., Almirzanah, S., & Mahardinata, N. A. 2023. *Bioetika "Meneguhkan Kembali Etika Kehidupan Berbangsa dan Bernegara"* (S. Sastrowijoyo, Ed.; November).
- Septiyanti, I., Khalif, M. A., & Anwar, E. D. 2020. Analisis Dosis Paparan Radiasi Pada General X-Ray II Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 6. <http://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/jimed/index>

- Shihab, M. Q. 2005. *Tafsir Al-Misbah “Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur’an.”* Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. 2009. *Tafsir Al-Misbah “Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur’an”* 3. Lentera Hati.
- Soglo, T. R., Inkoom, S., Hasford, F., Sosu, E. K., & Biaou, O. 2024. First implementation of quality control procedures on selected X-ray machines in South of Benin. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering*, **30(1)**, 36–43. <https://doi.org/10.2478/pjmpe-2024-0005>
- Sukaryono. 2015. *Kajian Jenis Jenis Dosimeter pada Fasilitas Iradiator.*
- Susanti, R., Milvita, D., & Sandy, K. Y. P. 2017. Uji Kesesuaian Pesawat Fluoroskopi Intervensional merek Philips Allura FC menggunakan Detektor Unfors Raysafe X2 di Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, **6(3)**, 232–239. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.3.232-239.2017>
- Susanti, S. A., Sutapa, G. N., & Iffah, M. 2022. Estimasi Dosis Radiasi Sinar-X Terhadap Efek Herediter Pada Radiografi Konvensional. *Kappa Journal*, **6(2)**, 312–324. <http://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/kpj/index>
- Tipler, P. A., Llewellyn, R. A., Freeman, W. H., & York, C. N. 2012. *Modern Physics Sixth Edition.*
- Tohiri, N., & Muttaqin, A. 2022. Uji Kesesuaian Kinerja Generator dan Tabung Pesawat Sinar-X Merek Siemens di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas. *Jurnal Fisika Unand*, **11(1)**, 37–43. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.1.37-43.2022>
- Wiharja, U., & Al Bahar, A. K. 2019. *Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi.* **16**. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek>