UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB

KARYA TULIS ILMIAH

OLEH:

KHANZA SURYANI
NIM. 202211402001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS AWAL BROS

2025

UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB

KARYA TULIS ILMIAH

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Kesehatan

OLEH:

KHANZA SURYANI
NIM. 202211402001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS AWAL BROS

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah telah diperiksa, disetujui dan siap untuk dipertahankan dihadapan tim penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Awal Bros

JUDUL	:	UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB
PENYUSUN	:	KHANZA SURYANI
NIM	:	202211402001

Pekanbaru, 13 Juni 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Aulia Annisa, M.Tr.ID
NIDN. 1014059304

Pembimbing II

Danil Hulmansyah, M.Tr. ID
NIDN. 1029049102

Mengetahui,
Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi
Fakultas Ilmu Kesehatan
Universitas Awal Bros

Shelly Angella, M.Tr. Kes
NIDN. 1022099201

LEMBAR PENGESAHAN

Karya Tulis Ilmiah :

Telah disidangkan dan disahkan oleh Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Awal Bros.

JUDUL	:	UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB
PENYUSUN	:	KHANZA SURYANI
NIM	:	202211402001

Pekanbaru, 31 Juli 2025

1. Penguji I : Marido Bisra, M. Tr. ID ( )
   NIDN. 1019039302
2. Penguji II : Aulia Annisa, M.Tr.ID ( )
   NIDN. 1014059304
3. Penguji III : Danil Hulmansyah, M.Tr.ID ( )
   NIDN. 1029049102

Mengetahui,
Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi
Fakultas Ilmu Kesehatan
Universitas Awal Bros

Shelly Angella, M. Tr. Kes
NIDN. 1022099201

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : KHANZA SURYANI

JUDUL : UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB

NIM : 202211402001

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Karya Tulis Ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar ahli madya kesehatan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 20 Juni 2025

Yang membuat pernyataan,

(Khanza Suryani)

202211402001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama saya ucapkan puji syukur atas kehadirat Allah SWT atas segala nikmat berupa kesehatan, kekuatan, dan inspirasi yang sangat banyak dalam proses penyelesaian Karya Tulis Ilmiah ini. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan pada Nabi Muhammad SAW. Karya Tulis Ilmiah ini saya persembahkan sebagai bukti semangat atas usaha serta cinta dan kasih sayang saya kepada orang-orang yang berarti dalam hidup saya.

Banyak rasa terimakasih yang ingin saya ucapkan, maka persembahan Karya Tulis Ilmiah ini untuk:

1. Papa Tercinta Alm. Bapak Suryadi, S.H. Meskipun tidak dapat mendampingi penulis hingga akhir perjalanan pendidikan, kehadiran Papa hingga usia penulis 12 tahun telah memberikan bekal kasih sayang dan nilai-nilai kehidupan yang begitu berarti. Terima kasih atas segala pengorbanan, cinta tulus, dan kasih sayang yang telah Papa berikan. Meskipun dalam waktu yang singkat, setiap kenangan dan pelajaran yang Papa tinggalkan akan senantiasa hidup dalam hati ini. Semoga Allah SWT melapangkan alam kubur Papa, serta menempatkan Papa di tempat terbaik dan paling mulia di sisi-Nya. Aamiin Ya Rabbal ‘Alamiin.
2. Mama Tercinta Ibu Rismayeni, S.pd., M.Sc. Dengan penuh rasa hormat dan kasih, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya atas setiap tetes keringat, pengorbanan, dan kerja keras yang telah Mama berikan dalam upaya memberikan yang terbaik bagi penulis. Terimakasih atas segala bentuk usaha dalam memenuhi kebutuhan, mendidik, membimbing, serta atas kasih sayang yang tulus dan tidak pernah terputus. Penulis juga mengucapkan terimakasih atas motivasi, dukungan, serta doa yang senantiasa menyertai setiap langkah, dalam segala situasi dan kondisi, sehingga penulis mampu bertahan dan terus melangkah dalam meraih mimpi di masa depan. Terimakasih pula karena telah menjadi sumber kekuatan dan alasan utama bagi penulis untuk terus menjalani kehidupan ini dengan semangat. Semoga Allah SWT senantiasa menganugerahkan kesehatan, usia yang panjang, rezeki yang berlimpah, serta kebahagiaan yang tiada henti kepada Mama. Aamiin Ya Rabbal ‘Alamiin.
3. Kepada Abang, Kakak, dan Adik. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan atas semangat, dukungan, dan doa yang senantiasa diberikan dalam setiap langkah perjalanan ini. Terima kasih atas kebersamaan, perhatian, serta canda tawa yang menjadi penguat di saat penulis menghadapi kelelahan dan keinginan untuk menyerah. Kehadiran kalian merupakan anugerah yang sangat berharga dalam kehidupan penulis, yang senantiasa memberikan makna dan kekuatan dalam setiap perjuangan menuju masa depan.

4. Kepada Ibu Aulia Annisa, M.Tr.ID dan Bapak Danil Hulmansyah, M.Tr.ID selaku dosen pembimbing, terimakasih atas bimbingan, serta ilmu dan arahan yang diberikan selama proses penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini hingga selesai.
5. Kepada teman-teman yang senantiasa membersamai penulis sejak masa sekolah, yaitu Tifa, Nadja, Vina dan Anggie. Terimakasih atas kebersamaan, dukungan, dan pertemanan yang tulus selama ini. Kehadiran kalian tidak hanya menjadi penghibur dalam suka dan duka, tetapi juga menjadi penyemangat dalam setiap langkah perjuangan penulis. Semoga pertemanan ini senantiasa terjaga dan menjadi bagian indah dalam perjalanan hidup kita masing-masing.
6. Kepada teman-teman seperjuangan selama masa perkuliahan, yaitu Devi, Zara, Nain, Serli, Nuzul, dan Zelma. Terimakasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang senantiasa kalian berikan sepanjang perjalanan perkuliahan ini. Kehadiran kalian telah menjadi bagian penting dalam melewati berbagai tantangan, suka, dan duka selama perkuliahan. Pertemanan, tawa, serta kerja sama yang terjalin akan selalu menjadi kenangan berharga yang tidak akan terlupakan. Terimakasih sudah menjadi keluarga diperantauan. Semoga kebersamaan ini tetap terjaga dan menjadi penguat dalam langkah-langkah kita ke depan.
7. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bentuk bantuan, dukungan, doa, serta kebaikan yang telah diberikan selama proses ini. Setiap perhatian, dorongan, dan kontribusi yang tulus sangat berarti dan menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.
8. *Last but not least*, kepada diri sendiri. Terimakasih telah bertahan sejauh ini, melewati berbagai tantangan, keraguan, dan lelah yang tak jarang ingin membuat menyerah. Terimakasih telah terus berjuang, belajar, dan percaya bahwa setiap langkah memiliki makna. Meski tidak selalu mudah, namun dirimu tetap memilih untuk melangkah dan menyelesaikan apa yang telah dimulai. Semoga ke depan, dirimu terus dikuatkan, dimampukan, dan dijaga untuk menjadi pribadi yang lebih baik dalam menghadapi segala fase kehidupan.

Akhirnya, dengan segala kerendahan hati, karya sederhana ini penulis persembahkan sebagai wujud rasa syukur, penghormatan, dan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, serta semangat. Semoga setiap langkah dan usaha yang tertuang dalam tulisan ini dapat menjadi amal kebaikan serta memberi manfaat bagi banyak orang.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama	: Khanza Suryani
Tempat / Tanggal Lahir	: Duri, 08 April 2004
Agama	: Islam
Jenis Kelamin	: Perempuan
Anak ke	: 1 (satu)
Status	: Mahasiswa
Nama Orang Tua	
Ayah	: Suryadi, S.H (Alm)
Ibu	: Rismayeni, S.pd., M.Sc
Alamat	: Jl. Jawa Gg. Cempaka No.77, Duri

Latar Belakang Pendidikan

Tahun 2010 s/d 2016	: SDS Cendana Duri	(Berijazah)
Tahun 2016 s/d 2019	: SMPN 4 Mandau	(Berijazah)
Tahun 2019 s/d 2022	: SMAN 2 Mandau	(Berijazah)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang dengan segala anugerah-NYA penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini tepat pada waktunya yang berjudul "UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB"

Karya Tulis Ilmiah ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros. Meskipun penulis telah berusaha semaksimal mungkin agar Karya Tulis Ilmiah ini sesuai dengan yang diharapkan, akan tetapi karena keterbatasan kemampuan, pengetahuan dan pengalaman penulis, penulis menyadari sepenuhnya dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini banyak kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, dan saran, serta dorongan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang banyak memberikan dorongan dan dukungan berupa moral maupun materil, saudara-saudaraku yang telah memberikan dukungan sehingga Karya Tulis Ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik.

2. Ibu Dr. Yulianti Wulandari, SKM.,MARS selaku Rektor Universitas Awal Bros.
3. Ibu Shelly Angella, M.Tr.Kes selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros.
4. Ibu Aulia Annisa, M.Tr.ID selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan saran dan arahan dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
5. Bapak Danil Hulmansyah, M.Tr.ID selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan saran dan arahan dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
6. Bapak Marido Bisra, M.Tr.ID selaku Dosen Penguji pada seminar yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
7. Kepada Kepala Ruangan Instalasi Radiologi RSIA Zainab beserta staf RSIA Zainab yang telah memberikan izin serta waktu dalam melakukan penelitian untuk Karya Tulis Ilmiah ini.
8. Segenap dosen Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros, yang telah memberikan dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan.
9. Semua rekan-rekan dan teman seperjuangan khususnya Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Angkatan VI.
10. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penulisan Karya Tulis Ilmiah ini yang tidak dapat peneliti sampaikan satu persatu, terimakasih banyak atas semuanya.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini dan penulis berharap kiranya Karya Tulis Ilmiah ini bermanfaat bagi kita semua.

Pekanbaru, 18 Maret 2024

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN ..... **v**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vi**
DAFTAR RIWAYAT HIDUP ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xvii**
ABSTRAK ..... **xviii**
ABSTRACT ..... **xix**

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.4.1 Bagi Peneliti 5
1.4.2 Bagi Rumah Sakit 5
1.4.3 Bagi Institusi Pendidikan 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Tinjauan Teoritis 6
2.1.1 Sinar-X 6
2.1.2 Pesawat Sinar-X 9
2.1.3 *Computed Radiography* (CR) 16
2.1.4 *Quality Control* (QC) 20
2.1.5 Uji Kesesuaian Kolimasi Pesawat Sinar-X 22
2.2 Kerangka Teori 26
2.3 Penelitian Terkait 27

BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Jenis dan Desain Penelitian 29
3.2 Subjek Penelitian 29
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 29
3.4 Instrumen Penelitian 30
3.5 Metode Pengambilan Data 32
3.6 Prosedur Penelitian 32
3.7 Diagram Alur Penelitian 35
3.8 Analisis Data 37

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Hasil Penelitian 39
4.2 Pembahasan 64

BAB V SARAN DAN KESIMPULAN
5.1 Kesimpulan 67
5.2 Saran 68

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Penelitian Terkait 27
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran pengujian pertama dari *focal spot* kecil 41
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan pengujian pertama dari *focal spot* kecil 42
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran pengujian kedua dari *focal spot* kecil 44
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan pengujian kedua dari *focal spot* kecil 45
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran pengujian ketiga dari *focal spot* kecil 47
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan pengujian ketiga dari *focal spot* kecil 48
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran pengujian pertama dari *focal spot* besar 50
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan pengujian pertama dari *focal spot* besar 51
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran pengujian kedua dari *focal spot* besar 53
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan pengujian kedua dari *focal spot* besar 54
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran pengujian ketiga dari *focal spot* besar 56
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan pengujian ketiga dari *focal spot* besar 57
Tabel 4.13 Hasil Pengukuran dan Perhitungan 57
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Rata-Rata Dari Focal Spot Kecil 58
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Rata-Rata Dari Focal Spot Besar 58

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Sinar-X Karakteristik 7
Gambar 2.2 Sinar-X *Bremsstrahlung* 8
Gambar 2.3 Anoda dan Katoda Dalam Tabung Sinar-X 9
Gambar 2.4 Katoda 10
Gambar 2.5 Anoda 10
Gambar 2.6 Skema Sirkuit Mesin Sinar-X 12
Gambar 2.7 Kolimator 15
Gambar 2.8 *Imaging Plate* 16
Gambar 2.9 Struktur *Imaging Plate* 17
Gambar 2.10 Kaset CR 18
Gambar 2.11 Prinsip Kerja CR 19
Gambar 2.12 Kerangka Teori 25
Gambar 3.1 Pesawat Sinar-X 29
Gambar 3.2 Kaset Ukuran 24 x 30 cm 29
Gambar 3.3 *Collimator Test Tool* 30
Gambar 3.4 *Beam Alignment Test Tool* 30
Gambar 3.5 *Waterpass* 30
Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian 35
Gambar 3.7 Ilustrasi Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator 36
Gambar 3.8 Ilustrasi Pengukuran Selisih Skala Lapangan 37
Gambar 3.9 Ilustrasi Batas Penyimpangan Titik Pusat 39
Gambar 4.1 Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari focal spot kecil 40
Gambar 4.2 Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari focal spot kecil 43
Gambar 4.3 Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot kecil 46
Gambar 4.4 Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari focal spot besar 49
Gambar 4.5 Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari focal spot besar 52
Gambar 4.6 Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot besar 55
Gambar 4.7 Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari focal spot kecil 59
Gambar 4.8 Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari focal spot kecil 60
Gambar 4.9 Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot kecil 61
Gambar 4.10 Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari focal spot besar 62
Gambar 4.11 Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari focal spot besar 63
Gambar 4.12 Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari focal spot besar 64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 Tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik, Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator
Lampiran 2. Surat Izin Survey Awal
Lampiran 3. Balasan Surat Izin Survey Awal
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian
Lampiran 5. Balasan Surat Izin Penelitian
Lampiran 6. Pengolahan Data
Lampiran 7. Data Kalibrasi
Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian
Lampiran 9. Kode Etik Penelitian
Lampiran 10. Lembar Konsul Pembimbing I
Lampiran 11. Lembar Konsul Pembimbing II

DAFTAR SINGKATAN

Å : Angstrom
AI : Aluminium
CQI : Continuous Quality Improvement
CR : Computed Radiography
FFD : Focus Film Distance
IP : Image Plate
IR : Image Reader
Kv : Kilo Voltage
mAs : Mili Ampere Second
NCRP : National Council of Radiation Protectian and Measurement
QA : Quality Assurance
QC : Quality Control

UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB

Khanza Suryani[1)]
[1)]Universitas Awal Bros

Email: *khanzasuryani01@gmail.com*

ABSTRAK

Penggunaan pesawat sinar-X dalam radiologi diagnostik harus memenuhi standar keselamatan serta kualitas gambar optimal melalui program kendali mutu. Salah satu komponen penting yang perlu diuji adalah kolimator. Di Instalasi Radiologi RSIA Zainab Pekanbaru, pesawat sinar-X digunakan sejak tahun 2014 dengan uji kalibrasi rutin setiap tahun, namun tidak termasuk uji kesesuaian berkas cahaya kolimator. Sedangkan berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tetang uji kesesuaian berkas cahaya kolimator bahwasanya dilakukan pengujian dalam satu bulan sekali.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian berkas cahaya kolimator terhadap berkas sinar-X pada pesawat sinar-X konvensional di RSIA Zainab. Jenis penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan observasional . Instrumen yang digunakan meliputi *Collimator Test Tool* dan *Beam Alignment Test Tool* **.** Pengujian dilakukan tiga kali pada dua ukuran focal spot (kecil dan besar) dengan FFD 100 cm.

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai penyimpangan kolimasi pada sumbu X dan Y tidak melebihi batas toleransi Kemenkes RI, yaitu ≤ 2% dari FFD, dan penyimpangan pusat berkas masih dalam batas ≤ 3°. Dengan demikian, pesawat sinar-X di RSIA Zainab memenuhi standar kesesuaian kolimasi serta layak digunakan secara aman dan efektif.

Kata kunci : Kolimator, Sinar-X, Radiologi
Kepustakaan : 27 (2014-2024)

SUITABILITY TEST OF THE COLLIMATOR LIGHT BEAM ON THE X-RAY PLANE IN THE EXAMINATION ROOM CONVENTIONAL RADIOLOGY INSTALLATION OF ZAINAB HOSPITAL

Khanza Suryani[1)]
[1)]Universitas Awal Bros

Email: *khanzasuryani01@gmail.com*

ABSTRACT

The use of X-ray machines in diagnostic radiology must comply with safety standards and ensure optimal image quality through quality control programs. One essential component to be tested is the collimator. At the Radiology Department of RSIA Zainab Pekanbaru, X-ray machines have been used since 2014 with annual calibration, but without verification of collimator beam alignment. According to the Indonesian Ministry of Health Regulation No. 1250 of 2009 , collimator alignment should be tested monthly.

This study aimed to evaluate the alignment of the collimator beam with the X-ray beam on conventional X-ray machines at RSIA Zainab. A descriptive quantitative method with an observational approach was applied. Instruments used were the Collimator Test Tool and Beam Alignment Test Tool. Testing was performed three times on two focal spot sizes (small and large) with an FFD of 100 cm.

The results showed that deviations on the X and Y axes did not exceed the tolerance limit set by the Ministry of Health (≤ 2% of FFD), and beam center deviation remained within ≤ 3°. Therefore, the X-ray machine at RSIA Zainab meets collimation conformity standards and is safe and effective for radiological examinatio

Keywords : *Collimator, X_Ray, Radiology*
Literature : *27 (2014-2024)*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radiologi adalah bagian dari ilmu kedokteran yang menggunakan teknologi radiasi untuk membantu dalam diagnosis dan pengobatan. Ada dua bidang utama dalam radiologi, yaitu radiodiagnostik dan radiointervensi. Radiodiagnostik adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyakit atau kelainan bentuk dalam tubuh pasien dengan memanfaatkan sinar-X. (BAPETEN, 2020).

Sinar-X termasuk ke dalam kelompok gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek dan daya tembus tinggi (Fuadi, 2022). Sinar-X memiliki peran penting, salah satunya sebagai alat penunjang yang membantu dokter mengetahui kondisi dalam tubuh tanpa perlu melakukan pembedahan atau prosedur invasif lainnya. Meskipun penggunaan sinar-X memberikan berbagai manfaat, sinar-X juga dapat menimbulkan efek yang membahayakan bagi tubuh manusia. Efek yang timbul dari sinar-X tersebut berupa efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik adalah kerusakan yang terjadi pada tubuh manusia akibat paparan radiasi yang tinggi. Kerusakan ini hanya akan muncul jika dosis radiasi yang diterima cukup besar. Di sisi lain, efek stokastik adalah efek yang bisa muncul meskipun paparan radiasi masih dalam batas aman yang telah ditentukan. Efek ini berkaitan dengan paparan dosis rendah yang berpotensi menimbulkan dampak pada manusia, seperti munculnya kanker (kerusakan

somatik) atau kelainan pada keturunan (kerusakan genetik) (Nugraheni, 2022). Sinar-X diproduksi oleh sebuah modalitas yang dinamakan pesawat sinar-X.

Pesawat sinar-X adalah alat medis yang menggunakan sinar-X untuk membantu diagnosis kesehatan. Alat ini memancarkan sinar yang diarahkan ke bagian tubuh yang ingin diperiksa oleh dokter. Sinar tersebut dapat menembus jaringan tubuh dan kemudian ditangkap oleh film, sehingga menghasilkan gambar dari area yang disinari. Pesawat sinar-X terdiri dari beberapa komponen utama, seperti tabung sinar-X, generator sinar-X, meja konsul, dan kolimator. (Wihardja & Kodir, 2019).

Kolimator merupakan alat yang berfungsi sebagai pembatas radiasi dalam prosedur radiografi. Alat ini terdiri dari dua set pelat atau penutup (*shutter*) berbahan timbal yang saling berhadapan dan bergerak secara berpasangan dengan arah yang berlawanan. Pelat-pelat tersebut biasanya membantu mengurangi radiasi yang tersebar sekaligus meningkatkan kualitas gambar radiograf. Untuk memastikan kinerja kolimator tetap optimal, perawatan rutin dapat dilakukan melalui pemeriksaan kondisi fisik secara berkala menggunakan program kendali mutu (Sari, 2017).

Kendali mutu adalah bagian dari program jaminan mutu yang fokus pada teknologi yang digunakan untuk memantau dan menjaga aspek-aspek teknis dari sistem yang berpengaruh terhadap kualitas gambar. Kolimator merupakan parameter utama dalam pengujian pesawat sinar-x. Salah satu pengujian dalam kendali mutu radiologi adalah uji kesesuaian kolimator (Sudarsih, 2018). Pengujian terhadap kolimator perlu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian

berkas kolimator dengan arah berkas sinar-X. Kolimator merupakan salah satu parameter utama yang harus dilakukan uji kesesuaian.

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (KEMENKES RI) Nomor 1250 Tahun 2009, batas pergeseran kolimator harus ≤ 2% dari FFD (Focus Film Distance). Uji kesesuaian kolimasi sinar-X perlu dilakukan setiap bulan atau setelah ada perbaikan pemeliharaan pada tabung dan kolimator. Pengujian kolimator dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya menggunakan alat uji kolimator Unit RMI (Collimator Tool dan Beam Alignment Test Tool) yang dirancang untuk mengevaluasi kolimator (Martina, 2015). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencegah pergeseran sudut atau jarak pada tabung sinar-X, sehingga lebih akurat dalam menentukan lokasi atau gangguan dalam tubuh manusia (Sari & Hartina, 2017). Pengujian kolimator merupakan langkah penting dalam kendali mutu untuk mengurangi kemungkinan terjadinya penyimpangan kedalam (citra yang terpotong) dan penyimpangan keluar (paparan radiasi yang berlebihan pada pasien), serta untuk meningkatkan pelayanan kesehatan dan perlindungan radiasi demi keselamatan dan kesehatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan (Manik, 2021).

Peneliti telah melakukan observasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Ibu dan Anak (RSIA) Zainab, terhadap pesawat sinar-X yang berada di ruang pemeriksaan konvensional. Pesawat sinar-X tersebut sudah digunakan sejak tahun 2014 dan dilakukan uji kalibrasi setiap tahunnya, tetapi uji kalibrasi yang dilakukan tidak termasuk uji kesesuain berkas cahaya kolimator. Hal ini

menunjukan uji kesesuaian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X belum dilakukan. Sedangkan menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (KEMENKES RI) Nomor 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu peralatan diagnostik frekuensi uji kesesuaian lapangan kolimasi sinar-X adalah 1 bulan sekali atau setelah pengecekan perbaikan. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dan mengangkat kedalam Karya Tulis Ilmiah yang berjudul **"Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab"**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah yang dapat dirumuskan adalah, bagaimana hasil uji kesesuaian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di ruang pemeriksaan konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab masih memenuhi batas toleransi yang telah ditetapkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan Karya Tulis Ilmiah ini adalah, untuk mengetahui serta mengevaluasi hasil uji kesesuaian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-x diruang pemeriksaan konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab masih sesuai batas toleransi yang ditetapkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penulisan Karya Tulis Ilmiah ini diharapkan dapat bermaanfaat sebagai berikut :

1.4.1 Bagi Penulis

Penulisan ini sebagai bahan penelitian bagi peneliti, serta menjadi tambahan wawasan terutama dalam bidang pengujian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar x.

1.4.2 Bagi Tempat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam menilai jaminan mutu dan kendali mutu unit radiologi, khususnya pada pesawat sinar-X.

1.4.3 Bagi Institusi Pendidikan

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi para mahasiswa dalam studi kasus yang berkaitan dengan judul penelitian di atas.

1.4.4 Bagi Responden

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan penambahan pemahaman mengenai pentingnya uji kesesuaian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN TEORITIS

2.1.1 Sinar-X

2.1.1.1 Pengertian Sinar-X

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya, dan sinar ultraviolet, tetapi memiliki panjang gelombang yang sangat pendek, sehingga memberikan daya tembus yang tinggi. Energi sinar-X bergantung pada tegangan pemercepat elektron yang diterapkan antara anoda dan katoda. Tegangan ini mempengaruhi energi dan daya tembus sinar-X (Faudi, 2022).

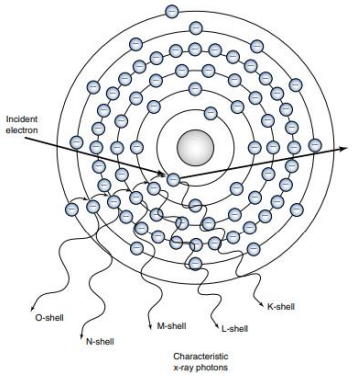
2.1.1.2 Proses Terjadinya Sinar-X

Katoda atau filamen dipanaskan hingga menyala dengan mengalirkan listrik dari transformator, sehingga elektron-elektron dari katoda atau filamen terlepas. Ketika dihubungkan dengan transformator tegangan tinggi, elektron-elektron tersebut akan dipercepat gerakannya menuju anoda dan dipusatkan ke alat pemusat (*focusing cup*). Filamen dibuat relatif negatif terhadap sasaran atau target dengan memilih potensial tinggi, dan awan elektron yang terbentuk mendadak dihentikan pada sasaran, sehingga menghasilkan panas (>99%) dan sinar-X (<1%) (Sukmawati, 2022).

Berdasarkan proses terjadinya, sinar-X dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sinar-X karakteristik dan sinar-X *bremssrahlung*:

a. Sinar-X Karakteristik

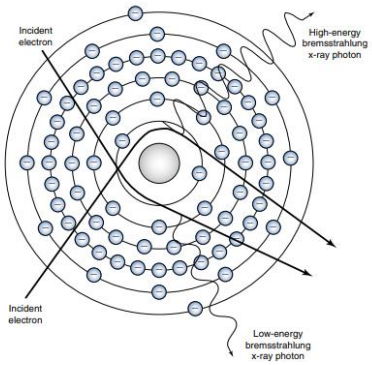
Sinar-X karakteristik merupakan sinar-X yang bersifat diskrit dan terbentuk ketika elektron proyektil dengan energi kinetik tinggi berinteraksi dengan elektron dari tiap-tiap kulit atom yang terdapat di dalam material anoda. Elektron proyektil ini harus memiliki energi kinetik yang cukup tinggi untuk melepaskan elektron pada kulit atom tertentu dari orbitnya (disebut juga peristiwa eksitasi). Ketika elektron dari kulit atom ini terlepas dari orbitnya, akan terjadi transisi dari orbit luar ke orbit yang lebih dalam. Energi yang dilepaskan saat terjadi transisi inilah yang dikenal sebagai sinar-X karakteristik (Gideon, 2019).



Gambar 2.1 Sinar-X Karakteristik (Fauber, 2017)

b. Sinar-X *Bremsstrahlung*

Sinar-X *bremsstrahlung* merupakan sinar-X yang bersifat kontinu dan terbentuk ketika elektron dengan energi kinetik tinggi bergerak dari katoda ke anoda, kemudian berinteraksi dengan medan energi inti atom dalam material anoda. Apabila elektron berada cukup dekat dengan inti atom, dan medan energi inti atom cukup kuat untuk mempengaruhi elektron proyektil, maka gerak elektron proyektil akan mengalami perlambatan. Perlambatan ini menyebabkan elektron proyektil kehilangan sebagian energinya dan mengalami perubahan arah. Energi yang dilepaskan akibat perlambatan tersebut dikenal sebagai sinar-X *bremsstrahlung* (Gideon, 2019).



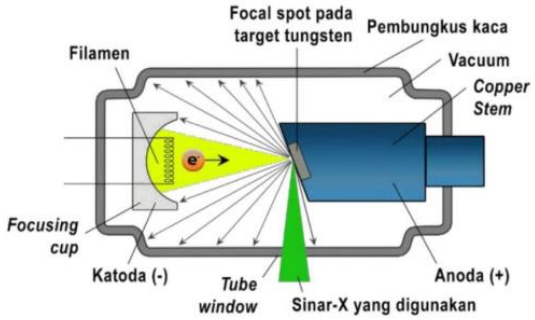
Gambar 2.2 Sinar-X *Bremsstrahlung* (Fauber, 2017)

2.1.2 Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-X merupakan sebuah alat yang digunakan dalam bidang medis untuk keperluan diagnostik dengan memanfaatkan sinar-X. Sinar yang dihasilkan dari tabung pemancar diarahkan ke area tubuh yang akan diperiksa. Setelah menembus jaringan tubuh, berkas sinar-X tersebut akan diterima oleh film atau detektor, sehingga menghasilkan citra dari bagian tubuh yang telah disinari (Wiharja, 2019). Pesawat sinar-X terdiri dari beberapa komponen antara lain:

a. Tabung Sinar-X

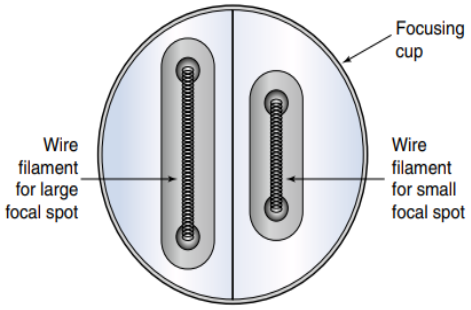
Suatu tube sinar-X meliputi katoda dan anoda yang terletak didalam envelope glass. Elektron mengalir dari filamen dikatoda ke target di anoda, sehingga kedua bagian tersebut menghasilkan sinar-X (Septina, 2022).



Gambar 2.3 Anoda Dan Katoda Dalam Tabung Pesawat Sinar-X (Septina, 2022)

1) Katoda

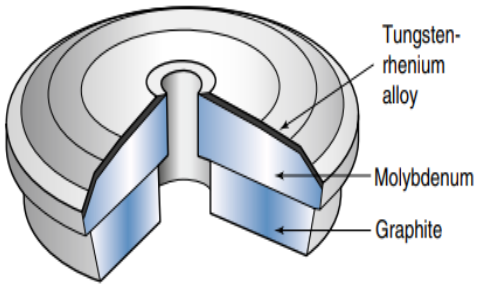
Katoda dalam tabung sinar-X terdiri dari filamen dan *focusing cup*. Filamen adalah sumber elektron di dalam tabung sinar-X, yang merupakan gulungan kawat *tungsten* dengan diameter sekitar 2 mm dan panjang kurang dari 1 cm. dipasang pada dua kabel kaku yang berfungsi untuk menopang dan membawa arus listrik. Kedua kabel tersebut mengarah melalui *envelope glass* dan tersambung ke sumber listrik tegangan tinggi dan rendah.



Gambar 2.4 Katoda (Fauber, 2017)

2) Anoda

Target dalam tabung sinar-X adalah untuk mencegah energi kinetik dari elektron yang bertabrakan menjadi foton sinar-X. *Tungsten* merupakan bahan target, elemn yang memiliki beberapa karakteristik dari bahan target yang ideal. Target yang terbuat dari bahan dengan nomor atom tinggi paling efesien dalam menghasilkan sinar-X. Titik fokus adalah area pada target yang menjadi tujuan *focusing cup* mengarahkan elektron dari mana sinar-X dihasilkan.



Gambar 2.5 Anoda (Fauber, 2017)

b. *Power Supply*

Fungsi utama *power supply* pesawat sinar-X adalah menyediakan arus tegangan rendah untuk memanaskan tabung sinar-X dan menghasilkan selisih potensial tinggi antara anoda dan katoda. Tabung sinar-X dan dua trafo terletak di kepala mesin sinar-X (Septina, 2022).

1) Arus Tabung

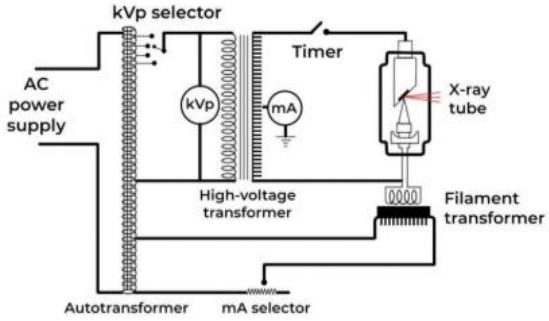
Arus tabung adalah aliran elektron melalui tabung, yaitu dari filamen katoda, melintasi tabung ke anoda, dan kemudian kembali ke filamen. Transformator filamen mengurangi tegangan arus bolak-balik (AC) yang masuk menjadi sekitar 10 volt dalam rangkaian filamen. Tegangan ini diatur oleh kontrol arus filamen (mA *selector*), yang menyesuaikan resistansi dan dengan demikian arus mengalir melalui filamen sehingga mengatur suhu filamen dan jumlah elektron yang dipancarkan.

2) Tegangan Tabung

Tegangan tinggi diperlukan antara anoda dan katoda untuk memberikan elektron cukup energi untuk menghasilkan sinar-X. Tegangan aktual yang digunakan pada mesin sinar-X diatur dengan autotransformer. Dengan menggunakan kVp *selector*, operator menyessuaikan autotransformer dan mengubah tegangan primer darri input sumber ke tegangan sekunder yang diinginkan.

c. Timer

Sebuah timer pada sirkuit tegangan tinggi digunakan untuk mengontrol durasi paparan sinar-X. Timer elektronik mengontrol lamanya waktu tegangan tinggi diterapkan ke tabung dan agar arus tabung mengalir sehingga menghasilkan sinar-X. Untuk meminimalkan kerusakan filamen, rangkaian pengatur waktu terlebih dahulu mengirimkan arus melalui filamen sselama ssekitar setengah detik untuk membawanya ke suhu operassional yang tepat dan kemudian menerapkan daya ke tegangan tinggi. Dalam beberapa desain sirkuit, arus tingkat rendah yang teruss-menerus mengalir melalui filamen mempertahankannya pada suhu rendah yang aman, sehingga selanjutnya memperpendek penundaan untuk memanaskan filamen terlebih dahulu (Septina, 2022).



Gambar 2.6 Skema Sirkuit Mesin Sinar-X (Septina, 2022)

d. Filter

Filter berfungsi sebagai penyaring sinar-X ketika sinar tersebut melewati lapisan material. Pelemahan sinar-X disebabkan oleh adanya filter yang terpasang pada tabung serta filter tambahan. Filtrasi bawaan terdiri dari ketebalan sisipan kaca atau logam yang terdapat pada port tabung sinar-X, dengan ketebalan berkisar antara 1 hingga 2 mm. Umumnya, filter berfungsi untuk menyerap berkas sinar-X dengan intensitas rendah dan hanya meneruskan berkas sinar-X yang memiliki intensitas tinggi. Dalam sistem sinar-X, terdapat dua jenis filter, yaitu filter bawaan (*inheren*) dan filter tambahan (Bushberg, 2012).

1) Filter Bawaan

Filter bawaan adalah jenis filter yang secara konstruktif telah terintegrasi dengan rumah tabung atau menjadi bagian dari karakteristik asli yang dirancang oleh pabrik. Syarat utama dari filter ini adalah bahwa intensitas berkas sinar-X yang diteruskan setelah melewati filter harus setara dengan intensitas berkas sinar-X

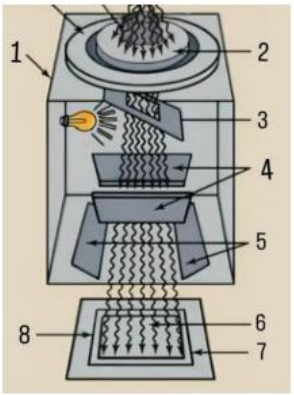
yang dapat menembus lapisan aluminium dengan ketebalan 5 hingga 10 mm. Filter bawaan mencakup sisipan kaca atau logam pada port tabung sinar-X dengan ketebalan antara 1 hingga 2 mm. Kaca (SiO_2) dan aluminium memiliki sifat atenuasi yang mirip, dengan nomor atom masing-masing Z = 14 dan Z = 13, sehingga keduanya efektif dalam melemahkan semua berkas sinar-X dalam spektrum di bawah sekitar 15 keV.

2) Filter Tambahan

Filter tambahan adalah lembaran logam yang secara khusus dipasang di dalam kolimator untuk mengubah energi efektif sinar-X. Dalam konteks radiologi diagnostik umum, filter tambahan berfungsi untuk melemahkan sinar-X berenergi rendah yang memiliki kemungkinan sangat kecil untuk menembus tubuh pasien dan mencapai detektor sinar-X. Dengan menyerap sinar-X berenergi rendah sebelum mencapai pasien, filter ini berkontribusi dalam mengurangi dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Aluminium (Al) merupakan material yang paling umum digunakan sebagai filter tambahan, sedangkan bahan filter lainnya termasuk tembaga dan plastik, seperti akrilik.

e. Kolimator

Kolimator adalah perangkat yang paling umum digunakan dal radiografi untuk membatasi pancaran sinar-X. Perangkat ini berperan dalam mengurangi penyebaran dosis radiasi yang diterima oleh pasien. Kolimator banyak digunakan karena kemudahan pengoperasiannya serta kemampuannya dalam menyesuaikan luas area kolimasi sesuai dengan ukuran objek radiografi yang diinginkan. Kolimator ini terdiri dari dua set penutup utama, yaitu penutup atas yang bersifat tetap dan penutup bawah yang dapat disesuaikan. Penutup atas berperan sebagai diafragma apertur, yang berfungsi untuk mengendalikan radiasi di luar area fokus. Sementara itu, penutup bawah dapat disesuaikan secara vertikal dan horizontal untuk mengatur luas area eksposur. Bidang cahaya diproyeksikan melalui bukaan pada penutup bawah guna membantu radiografer dalam mengatur objek radiografi yang akan didiagnosis (Bushong, 2017).



Keterangan gambar 2.3

1. Tepi luar kolimator
2. *Port* rumah tabung sinar-x
3. Cermin
4. *Shutter* pertama memanjang
5. *Shutter* kedua menyilang
6. Sinar guna
7. Penumbra
8. *Image reseptor*

Gambar 2.7 Kolimator (Bushong, 2017)

2.1.3 *Computed Radiography* (CR)

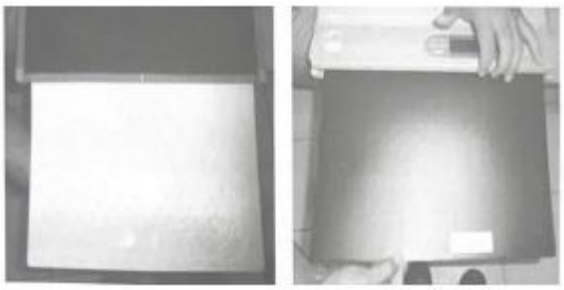
2.1.3.1 Pengertian *Computed Radiography* (CR)

Computed Radiography (CR) merupakan sistem radiografi yang dapat mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital sehingga mudah diolah oleh *image processing*, untuk menangani ketidakkonsistenan kualitas gambar dari kesalahan pencahayaan. Radiograf yang dihasilkan CR akan terformat dalam bentuk digital sehingga dapat dimanipulasi untuk mendapatkan hasil atau kualitas yang 18 maksimal (Bisra, 2024).

2.1.3.2 Komponen-Komponen *Computed Radiography* (CR)

a. *Imaging Plate* (IP)

Lapisan ini berfungsi untuk mencegah cahaya masuk saat proses penghapusan data dari IP, kebocoran, dan menurunkan resolusi spasial.



Gambar 2.8 Imaging Plate (Utami, 2018)

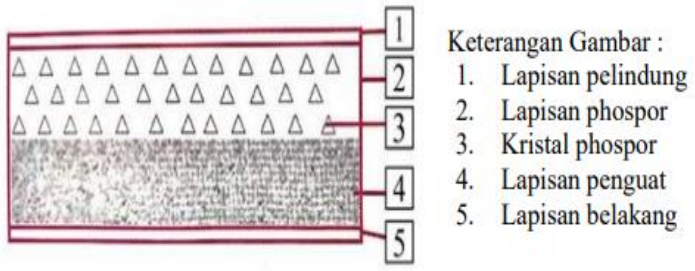
1) *Protective layer* / Lapisan Pelindung
2) Lapisan ini berperan dalam melindungi *Image Plate* (IP) dari kerusakan yang mungkin terjadi selama proses

penanganan dan pemindahan. Perlindungan ini mencakup pencegahan terhadap goresan, kontraksi, serta kerusakan akibat perubahan temperatur dan kelembapan. Dengan adanya lapisan ini, integritas dan kualitas IP dapat terjaga, sehingga citra yang dihasilkan tetap optimal dan tidak terpengaruh oleh faktor eksternal yang dapat merusak.

3) *Phosphor Layer* / Lapisan Fosfor
4) Lapisan yang paling aktif dalam IP. Lapisan fosfor IP adalah lapisan kristal *Europium-doped Barium Fluorohalide* (BaFX;Eu2+) atau *Photostimulable Phospor*. Saat menumbuk kristal ini, BaFX Eu+ beru menjadi bentuk semistabil. Distribusi 21 molekul semistabil ini membentuk gambar laten. Standar resolusi spatial dari IP kira-kira 2,5 lp/mm yang terdiri dari 150 nm lapisan BaFX- Eu+.
5) *Support Layer* / Lapisan Penyokong
6) Lapisan penyokong adalah lapisan dasar yang melapisi lapisan lainyang terbuat dari poliester.
7) *Conductor layer* / Lapisan Konduktor.

8) Lapisan konduktor berfungsi mengeliminasi masalah-masalah elektrostatik dan menyerap cahaya untuk meningkatkan ketajaman.

9) *Light shield layer* / Lapisan Pelindung Cahaya



Gambar 2.9 Struktur Imaging Plate (Bisra, 2024)

b. Kaset

Seperti halnya kaset radiografi konvensional, kaset *Computed Radiography* (CR) juga memiliki karakteristik yang ringan, kuat, dan dapat digunakan berulang kali. Kaset CR berfungsi sebagai pelindung untuk *Image Plate* (IP) serta sebagai tempat penyimpanan IP. Selain itu, kaset ini juga memudahkan proses transfer IP menuju alat pembaca CR (CR reader) (Utami, 2018).

Gambar 2.10 Kaset *Computed Radiography*
(Sparzinanda, 2024)

c. *Imaging Plate Reader* (IP *Reader)*

Imaging Plate Reader merupakan salah satu komponen penting dalam sistem kontrol akuisisi *Computed Radiography* (CR). Proses pembacaan gambar laten yang tersimpan dalam *Image Plate* (IP) dilakukan oleh laser yang terdapat di dalam perangkat pembaca IP (Bisra, 2024).

d. Image Consule

Image consule adalah alat untuk membaca dan mengolah gambar yang diperoleh dari *Imaging Plate* (IP). CR *reader* dilengkapi dengan monitor pratinjau yang memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi hasil gambar radiografi.

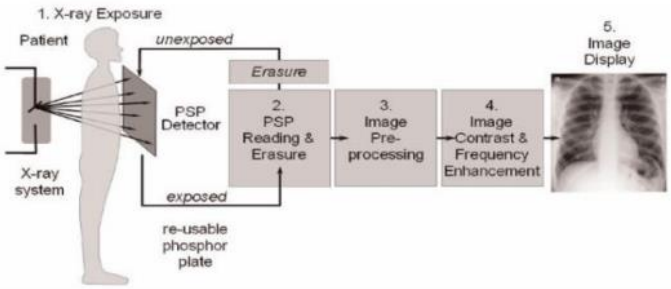
e. *Imager* (Laser Printer)

Laser printer adalah perangkat yang digunakan untuk mengolah dan memproses gambar pada film. Alat ini dilengkapi dengan fitur *multi-formater* yang memungkinkan pemformatan gambar serta pengolahan gambar dengan

kualitas yang lebih tajam. Selain itu, laser printer juga memiliki berbagai fungsi yang terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi (Bisra, 2024).

2.1.3.3 Prinsip Kerja *Computed Radiography* (CR)

Pada dasarnya, CR (*Computed Radiography*) merupakan proses digitalisasi yang memanfaatkan *imaging plate* yang dilapisi dengan kristal fotostimulasi. Sinar-X yang dipancarkan dari tabung akan menembus bahan atau objek, kemudian diteruskan dan ditangkap oleh *imaging plate*. Sinar-X yang tertangkap dalam *imaging plate* selanjutnya diubah menjadi sinyal listrik melalui paparan laser, sehingga menghasilkan citra radiograf. Proses ini memungkinkan dilakukannya pengolahan citra digital lebih lan (Ningtias, 2016).



Gambar 2.11 Prinsip kerja CR

2.1.4 *Quality Control* (QC)

Quality control merupakan bagian dari *quality assurance* (QA) yang secara khusus berfokus pada pemantauan variabel-variabel penting yang mempengaruhi kualitas gambar dan dosis radiasi. *Quality control*

berkaitan dengan aspek teknis kinerja peralatan, bukan dengan aspek administratif. Terdapat tiga tujuan utama dari prosedur dan teknik *continuous quality improvement* (CQI), *quality assurance* (QA), dan *quality control* (QC), yaitu: memastikan kualitas gambar yang optimal untuk meningkatkan akurasi diagnosis, mengurangi dosis radiasi yang diterima oleh pasien dan personel, serta menekan biaya yang dikeluarkan oleh institusi (Seeram, 2019).

Quality control atau yang biasa disebut kendali mutu merupakan bagian integral dari program jaminan mutu yang fokus pada penerapan teknik-teknik tertentu untuk memantau, merawat, dan memelihara aspek-aspek teknis dalam sistem peralatan radiografi dan pencitraan yang berdampak pada kualitas gambar. Oleh karena itu, kendali mutu termasuk dalam lingkup program *Quality Assurance* (QA) yang terkait dengan instrumentasi dan peralatan. Menurut Papp (2023), program *quality control* terdiri dari tiga jenis pengujian :

a. Non-Infasif dan Sederhana

   Metode evaluasi yang non-invasif dan sederhana dapat dilakukan oleh semua tenaga ahli radiologi. Salah satu contohnya adalah dengan melakukan uji kekontakan layar menggunakan *wire mesh*, serta tes spinning top untuk memverifikasi ketepatan waktu eksposur.

b. Non-Infasif dan Lengkap

Evaluasi non-invasif dan komprehensif sebaiknya dilaksanakan oleh seorang ahli radiologi yang telah mendapatkan pelatihan khusus dalam menjalankan prosedur *Quality Control* (QC).

c. Infasif dan Lengkap

Evaluasi invasif dan komprehensif umumnya dilakukan oleh seorang teknisi atau ahli fisika medis.

2.1.5 Uji Kesesuaian Kolimasi Pesawat Sinar-X

Menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia (PERKA BAPETEN) Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Pesawat Sinar X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, uji kesesuaian perangkat sinar-X merupakan prosedur yang dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan sinar-X berada dalam kondisi yang handal, baik untuk keperluan radiologi diagnostik maupun intervensional, serta mematuhi ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

2.1.5.1 Nilai Toleransi Kesesuaian Kolimasi Pesawat Sinar-X

Berdasarkan pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 mengenai Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik, batas toleransi kesesuaian antara ukuran bidang kolimasi dan berkas sinar-X merujuk pada standar dari *National Council on Radiation*

*Protection and Measurement*s (NRCP). Adapun ketentuan tersebut menyatakan bahwa jumlah deviasi sisi kolimasi secara horizontal (X1 + X2) tidak boleh melebihi 2% dari jarak fokus ke film (FFD), begitu pula deviasi secara vertikal (Y1 + Y2) juga harus berada dalam batas 2% dari FFD. Selain itu, penyimpangan posisi titik pusat kolimasi terhadap berkas sinar-X diizinkan maksimal sebesar 3% dari FFD, sesuai standar NRCP.

2.1.5.2 Frekuensi Pengujian Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Pesawat Sinar-X

Merujuk pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik, pengujian kesesuaian antara berkas cahaya kolimator dan berkas sinar-X sebaiknya dilakukan setiap satu bulan sekali. Selain itu, pengujian juga wajib dilakukan setelah dilakukannya perbaikan atau pemeliharaan pada rumah tabung maupun kolimator. Frekuensi pengujian ini dapat ditingkatkan sesuai dengan intensitas penggunaan alat radiologi yang bersangkutan.

2.1.5.3 Alat Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator

Mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 mengenai Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik, alat yang digunakan

untuk mengevaluasi ukuran lapangan penyinaran meliputi *Collimator Test Tool* serta *Beam Alignment Test Tool*.

Collimator Test Tool berfungsi untuk mempermudah proses perhitungan serta analisis terhadap penyimpangan arah berkas sinar-X. Sementara itu, *Beam Alignment Test Tool* digunakan sebagai alat untuk menilai kinerja dan ketepatan penyelarasan kolimator (Rahmania, 2024).

2.1.5.4 Prosedur Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator

Mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik, dijelaskan hal-hal sebagai berikut:

1. Letakan kaset ukuran 24 x 30 cm pada permukaan yang datar
2. Yakinkan bahwa anoda dan katoda axis adalah parallel ke kaset
3. Sentrasi tabung sinar-X dipusatkan di tengah kaset dan atur jarak antara focus dengan film (FFD) setinggi 100 cm
4. Tempatkan *collimator test tool* pada pertengahan kaset
5. Cahaya kolimator diatur tepat dalam area persegi panjang plat test tool
6. Tempatkan *beam alignment test tool* pada pusat area pencahayaan.
7. Hidupkan lampu kolimator, atur luas lapangan cahaya sesuai dengan garis persegi panjang yang ada pada permukaan plat

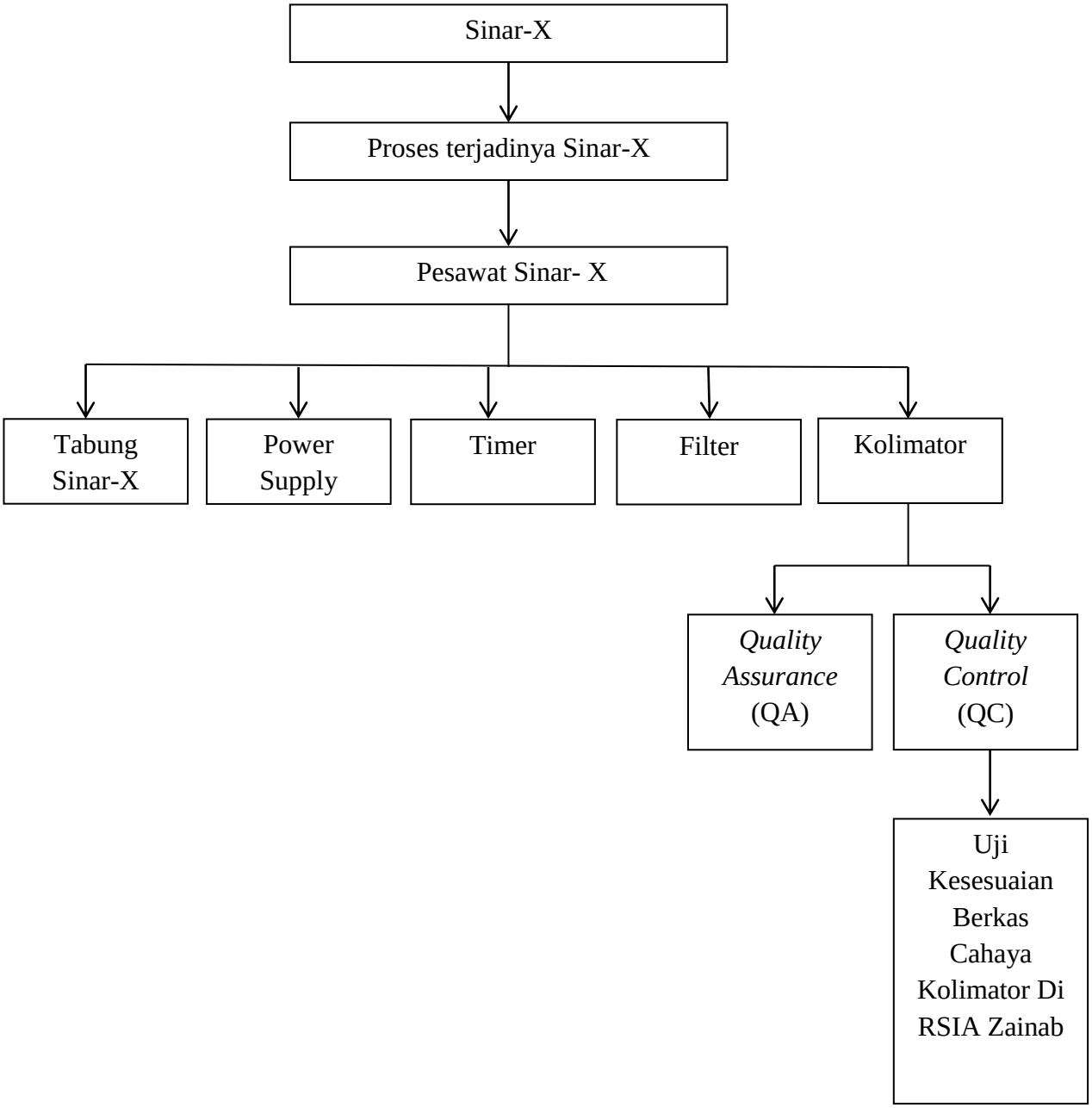
8. Lakukan eksposi radiografi agar diperolen densitas optis pada film yang dapat diobservasi oleh evaluator
9. Proses film di kamar gelap dan cek kesesuaian berkas cahaya/ berkas sinar-X dan x-ray *beam alignment*.
10. Ulangi untuk ukuran focal spot yang lain.
11. KOLIMATOR: Catat perubahan skala lapangan radiasi dan X2 dan Y2 dan skala lapangan sinar kolimator X1 dan Y1 dalam lembar kerja (*worksheet*)
12. Bandingan hasil pengukuran dengan standar NCRP (≤ 2% of FFD)

    Dengan rumus:

    X1 + X2 ≤ 2% FFD

    Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
13. BEAM: Perhatikan pergeseranambar kedua bola baja dalam film, dan bandingkan dengan standar NCRP (≤ 3°)

2.2 KERANGKA TEORI



Gambar 2.1 Kerangka Teori

2.3 PENELITIAN TERKAIT

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Perbedaan	Persamaan	Hasil Penelitian
1.	Cicilia Artitin, dkk	2024	Uji Kesamaan Berkas Kolimator Dengan Variasi Jarak (FFD) Pada Pesawat Sinar-X	Penelitian ini menguji dengan menggunakan variasi FFD. Sedangkan, pada penelitian saya hanya menggunakan satu FFD yaitu 100 cm	Menguji kesamaan berkas kolimator pada pesawat sinar-X	Hasil penelitian ini adalah uji kesamaan berkas kolimator dengan berkas sinar-x pada pesawat sinar-x di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Universitas Andalas Padang, layak digunakan dalam proses pencitraan radiografi pada focal spot kecil dengan jarak (FFD) dimulai dari 100 cm
2.	Kartika Sari, dkk	2023	Uji Kolimator Antara Lapangan Penyinaran Dengan Berkas Radiasi Yang Dihasilkan Pada Pesawat Sinar-X Konvensional Di Instalasi Radiologi	Dalam penelitian ini alat yang digunakan pada saat prosedur pengujian berupa lembaran kertas yang berpola dan uang logam. Sedangkan, pada penelitian saya menggunakan alat uji	Menguji kesamaan berkas kolimator pada pesawat sinar-X	Pengujian kolimator pada pesawat sinar-X konvensional dengan menggunakan FFD 100 pada bidang 14x18 cm dengan tiga kali percobaan mengalami ketidaksesuaian atau pergeseran dan pergeseran terbesar terdapat pada sumbu vertikal sudah melebihi batas

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Perbedaan	Persamaan	Hasil Penelitian
				kolimator unit RMI (*Collimator Test Tool dan Beam Alignment*)		toleransi yang ditetapkan, ΔX + ΔY masih dalam batas toleransi yang ditetapkan
3.	Dila Nelvo Dasril	2018	Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pesawat Sinar-X Konvensional Merk Showa Type TCO-1 Di RSUD Sungai Dareh Kab. Dharmasraya	Penelitian ini tidak melakukan uji kesesuaian *beam alignment*. Sedangkan, pada penelitian saya juga melakukan uji kesesuaian *beam alignment*	Penelitian ini menggunakan dua focal spot yang berbeda dalam pengujiannya	Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa selisih antara luas lapangan *collimator beam* dan luas lapangan berkas sinar-X masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik, yakni tidak melebihi 2% dari jarak fokus ke film (FFD).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini adalah penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan observasional. Metode penelitian kuantitatif merupakan suatu pendekatan ilmiah yang menekankan pada pengumpulan data dalam bentuk numerik, pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk melakukan pengukuran secara presisi, mengamati fenomena dengan ketelitian (Zulfikar, 2024).

Dengan tujuan mengidentifikasi penyimpangan kolimasi melalui observasi langsung dan pengujian di lapangan. Data yang diperoleh diukur dan dianalisis menggunakan rumus, menghasilkan nilai numerik yang kemudian dibandingkan dengan standar KEMENKES RI Nomor 1250 Tahun 2009 Tentang Kendali Mutu Peralatan Radiodiagnostik.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian yang digunakan pada penelitian karya tulis ilmiah ini adalah pesawat sinar-X di ruang pemeriksaan konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Instalasi Radiologi RSIA Zainab Pekanbaru yang berlokasi di Jl. Ronggo Warsito No.1, Suka Maju, Kec. Sail, Kota Pekanbaru, Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2025.

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.4.1 Pesawat Sinar-X

a. Merk : *Allengers*

b. Kv Maximun : 100

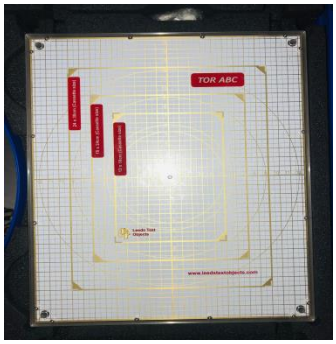
c. mAs Maximum : 40

Gambar 3.1 Pesawat Sinar-X

3.4.2 Kaset CR Merk Fujifilm ukuran 24 x 30 cm

Gambar 3.2 Kaset ukuran 24 x 30 cm

3.4.3 *Collimator Test Tool*, digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara luas bidang kolimasi dengan luas penyinaran berkas sinar-X.



Gambar 3.3 *Collimator Test Tool*

3.4.4 *Beam Alignment Test Tool*, sebagai alat uji akurasi berkas cahaya kolimasi dengan berkas sinar-X dan uji ketegaklurusan berkas sinar-X

Gambar 3.4 *Beam Alignment Test Tool*

3.4.5 *Waterpass* berfungsi untuk memeriksa tingkat kedataran tabung sinar-X serta permukaan meja pemeriksaan.

Gambar 3.5 *Waterpass*

3.5 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengukuran langsung pada saat dilakukan pengujian terhadap kesesuaian berkas cahaya kolimator dengan luas berkas sinar-X. Pengujian ini menggunakan *collimator test tool* dan *beam alignment* yang dibantu dengan pengukuran menggunakan *Computed Radiography*, dengan dua ukuran *focal spot* yang berbeda, yaitu *focal spot kecil* menggunakan kV 60, mA 150, dan 0.05s. Sedangkan untuk *focal spot* besar menggunakan kV 60, mA 200, dan 0.05s.

3.6 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara langsung di Instalasi Radiologi RSIA Zainab. Seluruh prosedur penelitian mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 mengenai Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik. Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Tempatkan kaset yang akan digunakan pada permukaan yang rata dan stabil.
b. Pastikan posisi anoda dan katoda sejajar atau paralel terhadap kaset.
c. Pusatkan tabung sinar-X tepat di tengah kaset, lalu atur jarak fokus ke film (FFD) menjadi 100 cm.
d. Letakkan alat uji kolimator (*collimator test tool*) pada bagian tengah kaset.
e. Sesuaikan cahaya kolimator agar tepat berada dalam area persegi panjang dari plat uji (*test tool*).

f. Tempatkan alat uji kesejajaran sinar (*beam alignment test tool*) di pusat area yang diterangi cahaya.
g. Nyalakan lampu kolimator, lalu atur ukuran bidang pencahayaan agar sesuai dengan garis batas persegi panjang pada permukaan plat uji.
h. Lakukan proses eksposur radiografi.
i. Setelah kaset terekspos, lakukan pemrosesan menggunakan sistem *computed radiography*, kemudian periksa kesesuaian antara berkas cahaya/sinar-X dengan posisi *beam alignment*.
j. Ulangi prosedur ini untuk ukuran *focal spot* (titik fokus) yang berbeda.
k. Untuk mengukur kolimasi, catat perubahan skala pada bidang radiasi (X2 dan Y2) serta skala dari bidang cahaya kolimator (X1 dan Y1) pada lembar kerja.
l. Bandingkan hasil pengukuran dengan standar yang ditetapkan oleh NCRP, yakni penyimpangan maksimum ≤ 2% dari FFD.

   Dengan rumus:

$$X1+X2 \leq 2\% \text{ FFD}$$

$$Y1+Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$$

   Keterangan :

   X1 dan X2: Selisih antara ukuran bidang cahaya kolimator dan berkas sinar-X pada sisi kiri dan kanan.

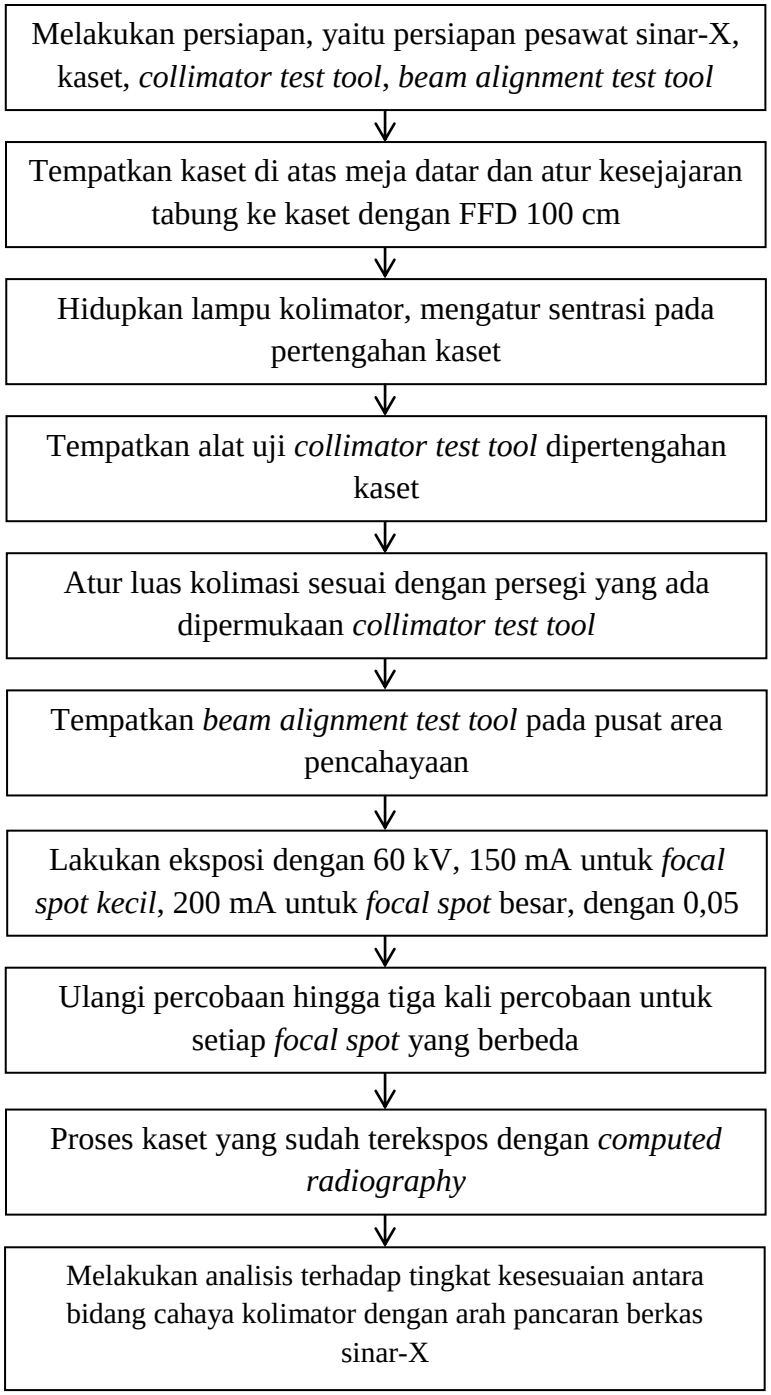
   Y1 dan Y2: Selisih antara ukuran bidang cahaya kolimator dan berkas sinar-X pada sisi atas dan bawah.

FFD (*Focus to Film Distance*): Jarak antara tabung sinar-X dengan film atau kaset.

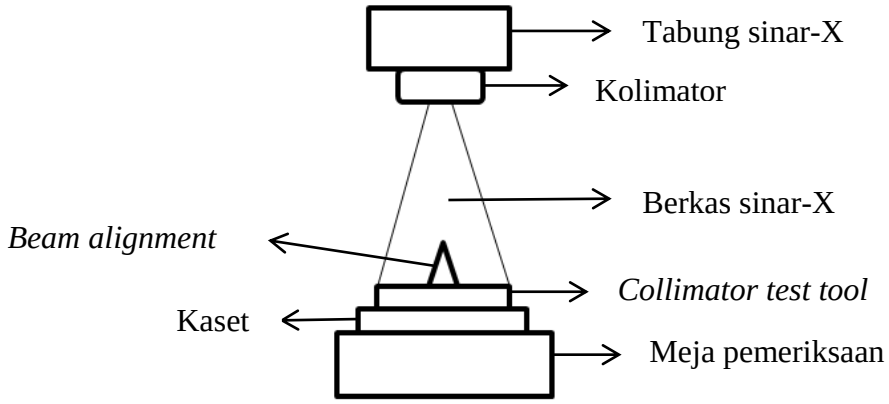
m. Untuk menentukan kesesuaian titik pusat/beam alignment, nilai batas toleransi yang ditetapkan sesuai dengan ketetapan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 dengan standar NCRP (*National Council Of Radiation Protection and Measurement*) yaitu $\leq 3°$.

3.7 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian dapat dilihat melalui bagan dibawah ini:



Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.7 Ilustrasi uji kesesuaian berkas cahaya kolimator

Pada Gambar 3.7 menunjukkan ilustrasi uji kesesuaian berkas cahaya kolimator pada sistem radiografi. Dalam gambar tersebut, tampak bahwa tabung sinar-X berada di bagian atas, yang merupakan sumber dari berkas sinar-X. Tepat di bawah tabung terdapat kolimator, yang berfungsi untuk membatasi dan mengarahkan berkas sinar-X agar mengenai area yang diinginkan. Berkas sinar-X kemudian diarahkan menuju meja pemeriksaan di mana terdapat alat uji kolimator (*collimator test tool*), kaset, dan alat bantu penjajaran berkas (*beam alignment*). Alat uji kolimator digunakan untuk mengevaluasi berkas sinar-X yang diproyeksikan sesuai dengan area cahaya yang ditunjukkan oleh kolimator. Kaset berfungsi untuk menangkap hasil proyeksi sinar-X, sementara meja pemeriksaan menjadi tempat meletakkan semua komponen tersebut selama proses uji berlangsung.

3.8 Analisis Data

Penelitian ini menjelaskan dan menguraikan prosedur pengujian kolimator berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (KEMENKES RI) Nomor 1250 Tahun 2009 mengenai Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) untuk Peralatan Radiodiagnostik. Selanjutnya, hasil pengujian dianalisis menggunakan rumus yang telah ditetapkan:

$$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$$

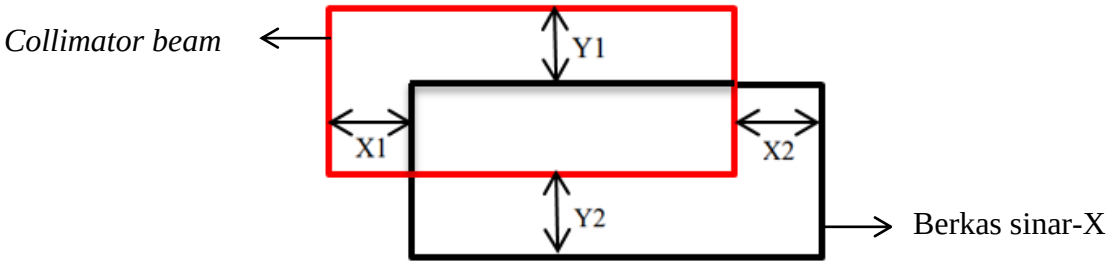
$$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$$

Keterangan:

X1 dan X2: Merupakan selisih ukuran bidang antara cahaya kolimator dan berkas sinar-X pada sisi kiri dan kanan.

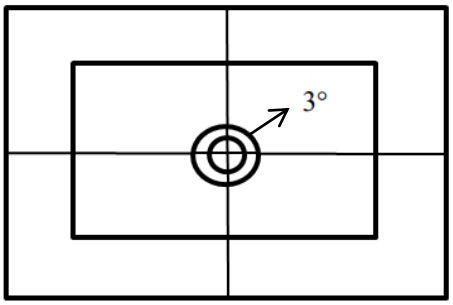
Y1 dan Y2: Merupakan selisih ukuran bidang antara cahaya kolimator dan berkas sinar-X pada sisi atas dan bawah.

FFD (*Focus to Film Distance*): Jarak vertikal antara fokus tabung sinar-X dengan permukaan film atau kaset.



Gambar 3.8 Ilustrasi Pengukuran selisih skala lapangan antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X

Kolimator dinyatakan memenuhi standar apabila hasil pengujian kolimator menunjukkan nilai ≤ 2% dari jarak fokus ke bidang film (*Focus Film Distance* atau FFD) atau tidak melebihi batas toleransi kesesuaian yang diatur dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik. Selain itu, kolimasi juga dianggap baik jika penyimpangan titik pusat tidak melebihi 3° seperti pada Gambar 3.9. Jika hasil pengujian kesesuaian kolimasi pada pesawat sinar-X menunjukkan nilai yang melebihi batas toleransi yang ditetapkan, maka perangkat tersebut wajib menjalani proses perbaikan atau kalibrasi ulang guna memastikan bahwa kinerjanya sesuai dengan standar kelayakan dan aman digunakan dalam pemeriksaan radiologi terhadap pasien.



Gambar 3.9 Ilustrasi batas penyimpangan titik pusat

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Telah dilakukan penelitian uji kesesuaian berkas cahaya kolimator dan uji kesesuian titik pusat di Rumah Sakit Ibu dan Anak Zainab dengan memanfaatkan alat bantu berupa *collimator test tool* dan *beam alignment test tool*. Pengujian yang telah dilakukan menggunakan dua *focal spot* yang berbeda, yaitu *focal spot* kecil dan *focal spot* besar dengan tiga kali pengujian untuk setiap *focal spot*. Pada penelitian ini peneliti menggunakan *focal spot* kecil dengan mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60Kv, 150mA, dan 0,05s. Untuk *focal spot* besar peneliti mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60Kv, 200mA, dan 0,05s. Hasil yang didapatkan dengan menggunakan dua *focal spot* tersebut sebagai berikut :

4.1.1 Uji Kesesuaian Berkas Sinar-X Dengan Menggunakan *Collimator Test Tool*

Uji kesesuaian berkas sinar-X dengan menggunakan *collimator test tool* dilakukan menggunakan dua *focal spot* yakni *focal spot* kecil dan *focal spot* besar. Untuk membedakan antara hasil pengujian menggunakan *focal spot kecil* dan *focal spot besar* pada citra radiograf, dilakukan penandaan dengan huruf "R" dan "L". Huruf "R" digunakan sebagai penanda untuk citra hasil pengujian dengan *focal spot kecil*, sedangkan huruf "L"digunakan untuk menandai citra dari pengujian menggunakan *focal spot besar*.

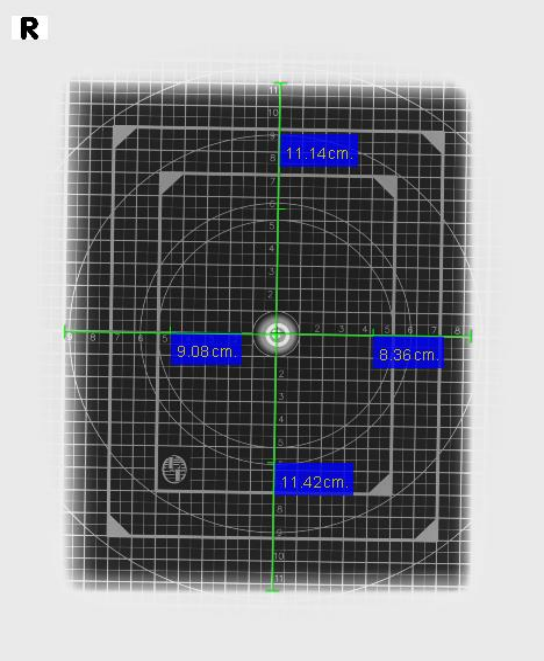
Pengkodean ini bertujuan untuk mempermudah identifikasi hasil uji berdasarkan ukuran *focal spot* yang digunakan pada masing-masing citra, serta mencegah terjadinya kekeliruan dalam proses analisis dan interpretasi data.

a. *Focal Spot* Kecil

Pada pengujian terhadap *focal spot* kecil peneliti mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60Kv, 150mA, dan 0,05s. Pengujian dilakukan dengan tiga kali pengujian. Pengujian yang dilakukan diantaranya :

1) Pengujian Pertama

Berikut gambar dari hasil pengujian pertama pada *focal spot* kecil.



Gambar 4.1 Citra radiograf dari pengujian pertama menggunakan *focal spot* kecil.

Dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa arah berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator test tool* yang digunakan pada sisi kanan sumbu X dan setiap sisi sumbu Y.

Data hasil pengukuran dan perhitungan pada pengujian pertama menggunakan *focal spot* berukuran kecil disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pengujian pertama dari *focal spot* kecil

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,08 cm	X1 = -0,08 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,36 cm	X2 = 0,64 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,14 cm	Y1 = 0,86 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,42 cm	Y2 = 0,58 cm

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 4.1 nilai X1 dan X2 didapatkan dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan -0,08 cm dan 0,64 cm. Sedangkan nilai Y1 dan Y2 didapatkan juga dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan 0,86 cm dan 0,58 cm.

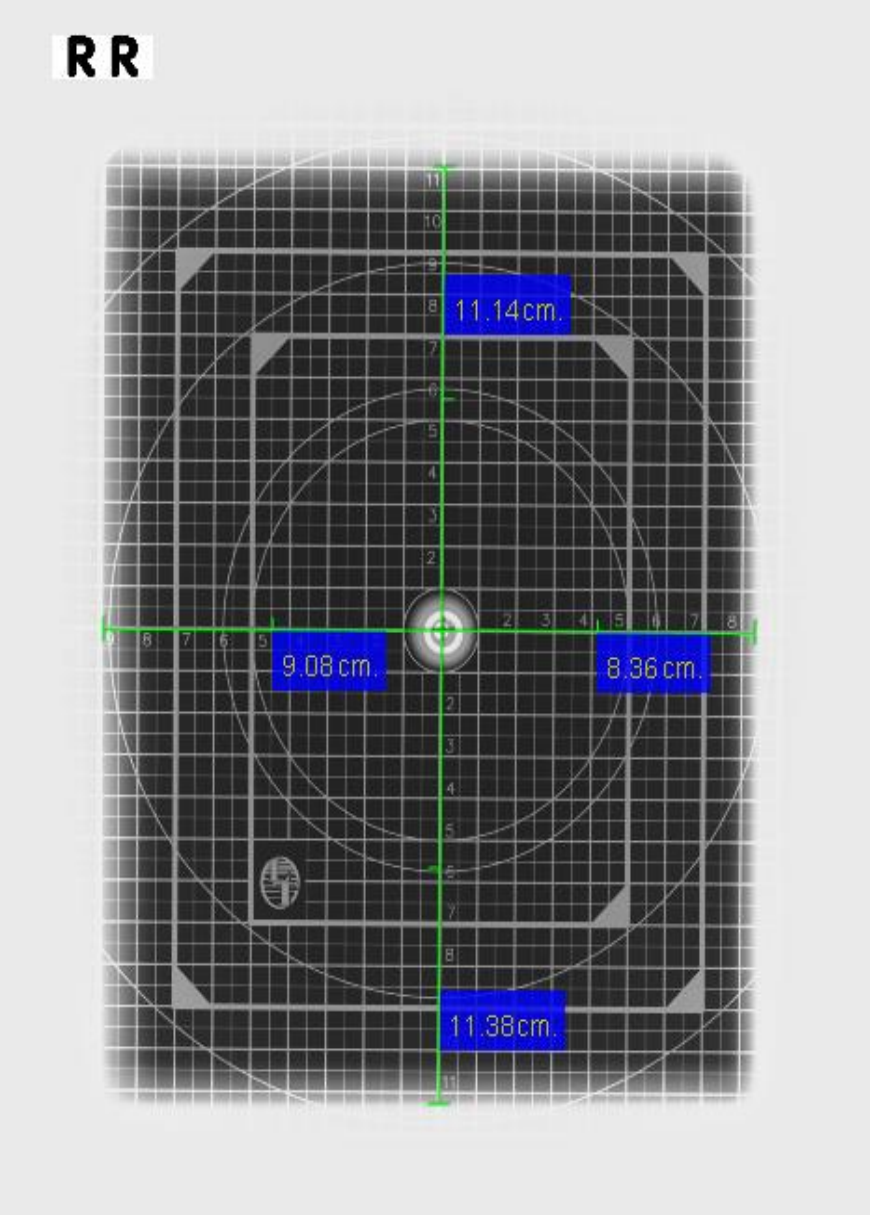
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Pengujian pertama dari *focal spot* kecil

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,08 + 0,64 ≤ 2 cm	0,86 + 0,58 ≤ 2 cm
0,56 ≤ 2 cm	1,44 ≤ 2 cm

Berdasarkan data yang ada pada tabel 4.2 nilai yang didapat dari sumbu X sebesar 0,56 cm dan nilai yang didapat pada sumbu Y sebesar 1,44 cm.

2) Pengujian Kedua

Berikut gambar dari hasil pengujian kedua pada *focal spot* kecil.



Gambar 4.2 Citra radiograf pengujian kedua menggunakan *focal spot* kecil

Dari gambar 4.2 menunjukkan arah berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator test tool* yang digunakan pada sisi kanan sumbu X dan setiap sisi sumbu Y.

Data hasil pengukuran dan perhitungan pada pengujian kedua menggunakan *focal spot* berukuran kecil disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Pengujian kedua dari *focal spot* kecil

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,08 cm	X1 = -0,08 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,36 cm	X2 = 0,64 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,14 cm	Y1 = 0,86 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,38 cm	Y2 = 0,62 cm

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 4.3 nilai X1 dan X2 didapatkan dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan -0,08 cm dan 0,64 cm. Sedangkan nilai Y1 dan Y2 didapatkan juga dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan 0,86 cm dan 0,62 cm.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Pengujian kedua dari *focal spot* kecil

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,08 + 0,64 ≤ 2 cm	0,86 + 0,62 ≤ 2 cm
0,56 ≤ 2 cm	1,48 ≤ 2 cm

Berdasarkan data yang ada pada tabel 4.4 nilai yang didapat dari sumbu X sebesar 0,56 cm dan nilai yang didapat pada sumbu Y sebesar 1,48 cm.

3) Pengujian Ketiga

Berikut gambar dari hasil pengujian ketiga pada *focal spot* kecil.

Gambar 4.3 Citra radiograf dari pengujian ketiga menggunakan *focal spot* kecil

Dari gambar 4.3 menunjukkan arah berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator test tool* yang digunakan pada sisi kanan sumbu X dan setiap sisi sumbu Y.

Data hasil pengukuran dan perhitungan pada pengujian ketiga menggunakan *focal spot* berukuran kecil disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Pengujian ketiga dari *focal spot* kecil

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,08 cm	X1 = -0,08 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,52 cm	X2 = 0,48 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,14 cm	Y1 = 0,86 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,38 cm	Y2 = 0,62 cm

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 4.5 nilai X1 dan X2 didapatkan dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan -0,08 cm dan 0,48 cm. Sedangkan nilai Y1 dan Y2 didapatkan juga dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan 0,86 cm dan 0,62 cm.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengujian ketiga dari *focal spot* kecil

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,08 + 0,48 ≤ 2 cm	0,86 + 0,62 ≤ 2 cm
0,4 ≤ 2 cm	1,48 ≤ 2 cm

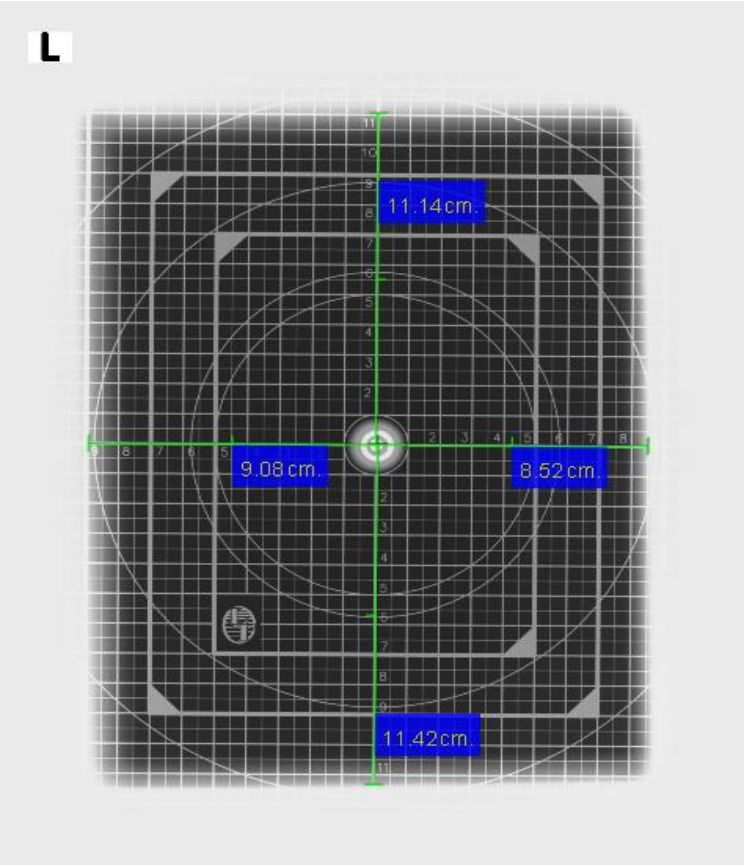
Berdasarkan data yang ada pada tabel 4.6 nilai yang didapat dari sumbu X sebesar 0,4 cm dan nilai yang didapat pada sumbu Y sebesar 1,48 cm.

b. *Focal Spot* Besar

Pada pengujian terhadap *focal spot* besar peneliti mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60Kv, 200mA, dan 0,05s. Pengujian dilakukan dengan tiga kali pengujian. Pengujian yang dilakukan diantaranya :

1) Pengujian Pertama

Berikut gambar dari hasil pengujian pertama dari *focal spot* besar.



Gambar 4.4 Citra radiograf dari pengujian pertama menggunakan *focal spot* besar

Dari gambar 4.4 menunjukkan arah bahwa berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator test tool* yang digunakan pada sisi kanan sumbu X dan setiap sisi sumbu Y.

Data hasil pengukuran dan perhitungan pada pengujian pertama menggunakan *focal spot* besar disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Pengujian pertama dari *focal spot* besar

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,08 cm	X1 = -0,08 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,52 cm	X2 = 0,48 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,14 cm	Y1 = 0,86 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,42 cm	Y2 = 0,58 cm

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 4.7 nilai X1 dan X2 didapatkan dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan -0,08 cm dan 0,48 cm. Sedangkan nilai Y1 dan Y2 didapatkan juga dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan 0,86 cm dan 0,58 cm.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Pengujian pertama dari *focal spot* besar

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,08 + 0,48 ≤ 2 cm	0,86 + 0,58 ≤ 2 cm
0,4 ≤ 2 cm	1,44 ≤ 2 cm

Berdasarkan data yang ada pada tabel 4.8 nilai yang didapat dari sumbu X sebesar 0,4 cm dan nilai yang didapat pada sumbu Y sebesar 1,44 cm.

2) Pengujian Kedua

Berikut gambar dari hasil pengujian kedua dari *focal spot* besar.

Gambar 4.5 Citra radiograf dari pengujian kedua menggunakan *focal spot* besar

Dari gambar 4.5 menunjukkan arah bahwa berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator test tool* yang digunakan pada sisi kanan sumbu X dan setiap sisi sumbu Y.

Data hasil pengukuran dan perhitungan pada pengujian kedua menggunakan *focal spot* besar disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Pengujian kedua dari *focal spot* besar

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,08 cm	X1 = -0,08 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,52 cm	X2 = 0,48 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,54 cm	Y1 = 0,46 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,70 cm	Y2 = 0,3 cm

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 4.9 nilai X1 dan X2 didapatkan dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan -0,08 cm dan 0,48 cm. Sedangkan nilai Y1 dan Y2 didapatkan juga dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan 0,46 cm dan 0,3 cm.

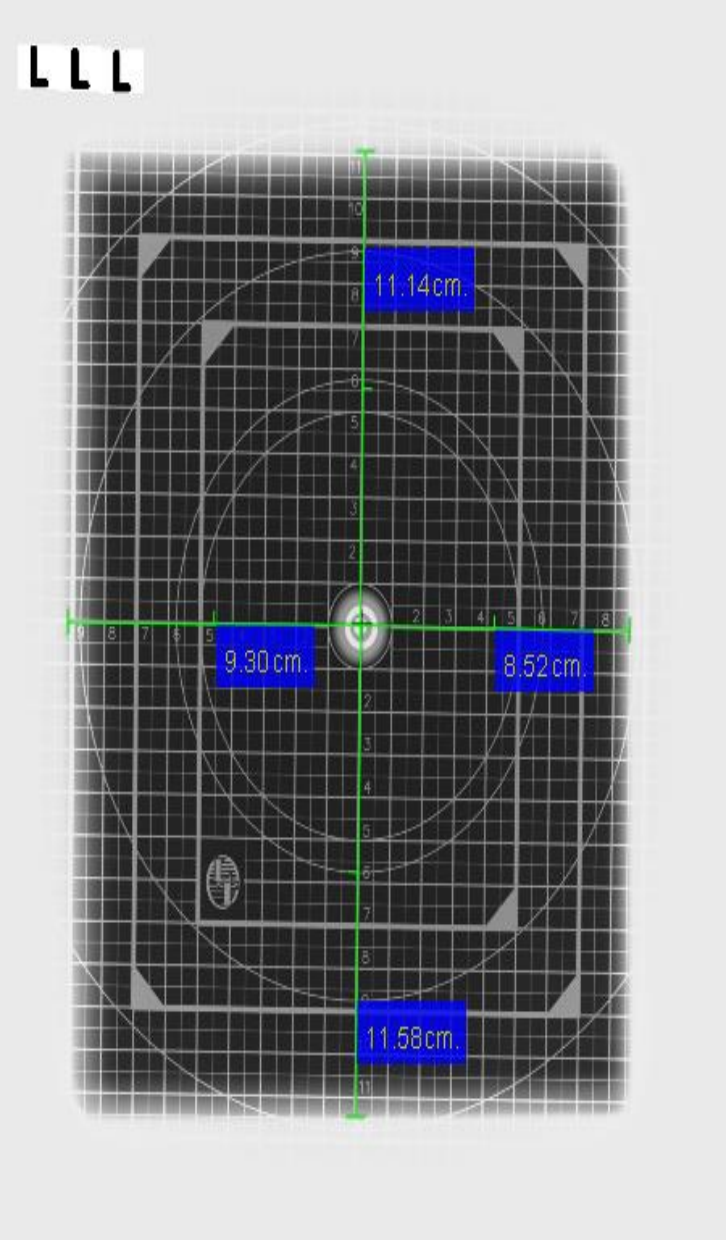
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Pengujian kedua dari *focal spot* besar

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,08 + 0,48 ≤ 2 cm	0,46 + 0,3 ≤ 2 cm
0,4 ≤ 2 cm	0,76 ≤ 2 cm

Berdasarkan data yang ada pada tabel 4.10 nilai yang didapat dari sumbu X sebesar 0,4 cm dan nilai yang didapat pada sumbu Y sebesar 0,76 cm.

3) Pengujian Ketiga

Berikut gambar dari hasil pengujian ketiga dari *focal spot* besar.



Gambar 4.6 Citra radiograf dari pengujian ketiga menggunakan *focal spot* besar

Dari gambar 4.6 menunjukkan bahwa berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator test tool* yang digunakan pada sisi kanan sumbu X dan setiap sisi sumbu Y.

Hasil pengukuran dan perhitungan pada pengujian ketiga dari *focal spot* besar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Pengujian ketiga dari *focal spot* besar

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,30 cm	X1 = -0,3 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,52 cm	X2 = 0,48 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,14 cm	Y1 = 0,86 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,58 cm	Y2 = 0,42 cm

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 4.11 nilai X1 dan X2 didapatkan dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan -0,3 cm dan 0,48 cm. Sedangkan nilai Y1 dan Y2 didapatkan juga dari selisih antara pengukuran *collimator test tool* dan pengukuran berkas sinar-X dengan nilai yang didapatkan 0,86 cm dan 0,42 cm.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Pengujian ketiga dari *focal spot* besar

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,3 + 0,48 ≤ 2 cm	0,86 + 0,46 ≤ 2 cm
0,18 ≤ 2 cm	1,32 ≤ 2 cm

Berdasarkan data yang ada pada tabel 4.12 nilai yang didapat dari sumbu X sebesar 0,18 cm dan nilai yang didapat pada sumbu Y sebesar 1,32 cm.

4.1.2 Hasil rata-rata dari pengukuran dan perhitungan *collimator test tool* dengan berkas sinar-X

Dengan hasil pengukuran dan perhitungan uji kesesuaian *collimator test tool* dengan berkas sinar-X diatas, maka hasil pengukuran dan perhitungan disimpulkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Ukuran Focal Spot	Uji	Hasil Pengukuran				Hasil Perhitungan	
		X1	X2	Y1	Y2	X1 + X2	Y1 + Y2
Kecil	1	-0,08	0,64	0,86	0,58	0,56	1,44
	2	-0,08	0,64	0,86	0,62	0,56	1,48
	3	-0,08	0,48	0,86	0,62	0,4	1,48
Rata-rata		-0,08	0,58	0,86	0,60	**1,52**	**1,46**
Besar	1	-0,08	0,48	0,86	0,58	0,4	1,44
	2	-0,08	0,48	0,46	0,3	0,4	0,76
	3	-0,3	0,48	0,86	0,42	0,18	1,28
Rata-rata		-0,15	0,48	0,72	0,43	**0,32**	**1,16**

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Rata-Rata Dari Focal Spot Kecil

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
1,52 ≤ 2 cm	1,46 ≤ 2 cm

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Rata-Rata Dari Focal Spot Besar

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
0,32 ≤ 2 cm	1,16 ≤ 2 cm

Hasil perhitungan pada *focal spot* kecil untuk X1+X2 diperoleh hasil 0,56 cm, 0,56 cm, dan 0,4 cm dengan nilai rata-rata 1,52 cm. pada hasil perhitungan Y1+Y2 untuk *focal spot* kecil diperoleh hasil 1,44 cm, 1,48 cm, dan 1,48 cm dengan nilai rata-rata 1,46 cm. Untuk hasil perhitungan pada *focal spot* besar X1+X2 diperoleh hasil 0,4 cm, 0,4 cm, dan 0,19 cm dengan nilai rata-rata 0,32 cm. Pada hasil perhitungan Y1+Y2 untuk *focal spot* besar diperoleh hasil 1,44 cm, 0,76 cm, dan 1,28 cm dengan nilai rata-rata 1,16 cm.

4.1.3 Uji Ketepatan Titik Pusat Dengan Menggunakan *Beam Alignment Test Tool*

Uji Ketepatan titik pusat dengan menggunakan *beam alignment test tool* dilakukan menggunakan dua *focal spot* yakni *focal spot* kecil dan *focal spot* besar.

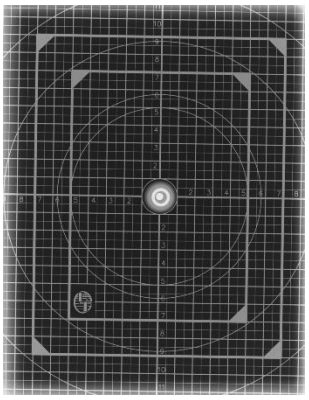
a. *Focal Spot* Kecil

Pada pengujian terhadap *focal spot* kecil peneliti mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60Kv, 150mA, dan 0,05s.

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, yang meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

1) Pengujian Pertama

Citra hasil pengujian pertama menggunakan *focal spot* berukuran kecil dapat diamati pada Gambar 4.7 di bawah ini



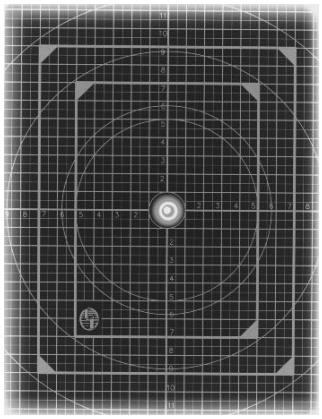
Gambar 4.7 Hasil citra radiografi dari uji pertama dengan *focal spot* kecil

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa titik pusat berkas sinar-X tidak melampaui lingkaran kecil, yang berarti

penyimpangan posisi pusat sinar masih berada dalam batas toleransi.

2) Pengujian Kedua

Citra hasil pengujian kedua menggunakan *focal spot* berukuran kecil dapat diamati pada Gambar 4.8 di bawah ini.

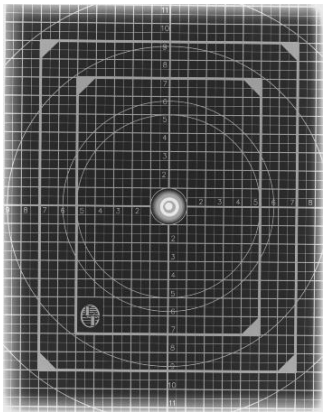


Gambar 4.8 Hasil citra radiografi dari uji kedua dengan *focal spot* kecil

Dari Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa titik pusat berkas sinar-X tidak melampaui lingkaran kecil, yang berarti penyimpangan posisi pusat sinar masih berada dalam batas toleransi.

3) Pengujian Ketiga

Citra hasil pengujian ketiga menggunakan *focal spot* berukuran kecil dapat diamati pada Gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4.9 Hasil citra radiografi dari uji ketiga dengan *focal spot* kecil

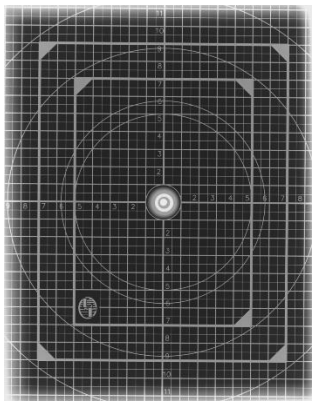
Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa titik pusat berkas sinar-X tidak melampaui lingkaran kecil, yang berarti penyimpangan posisi pusat sinar masih berada dalam batas toleransi.

b. *Focal Spot* Besar

Pada pengujian terhadap *focal spot* besar peneliti mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60Kv, 200mA, dan 0,05s. Pengujian dilakukan dengan tiga kali pengujian. Pengujian yang dilakukan diantaranya :

1) Pengujian Pertama

Citra hasil pengujian pertama menggunakan *focal spot* berukuran besar dapat diamati pada Gambar 4.10 di bawah ini.

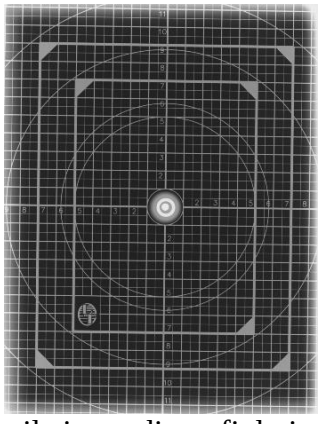


Gambar 4.10 Hasil citra radiografi dari uji pertama dengan *focal spot* besar

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa titik pusat berkas sinar-X tidak melampaui lingkaran kecil, yang berarti penyimpangan posisi pusat sinar masih berada dalam batas toleransi.

2) Pengujian Kedua

Citra hasil pengujian kedua menggunakan *focal spot* berukuran besar dapat diamati pada Gambar 4.11 di bawah ini

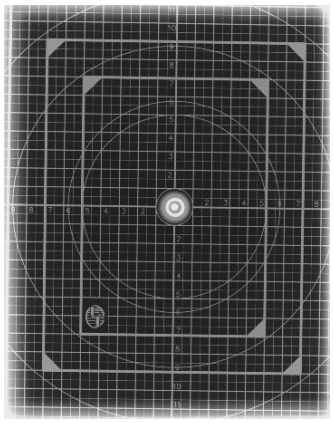


Gambar 4.11 Hasil citra radiografi dari uji kedua dengan *focal spot* besar

Dari Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa titik pusat berkas sinar-X tidak melampaui lingkaran kecil, yang berarti penyimpangan posisi pusat sinar masih berada dalam batas toleransi.

3) Pengujian Ketiga

Citra hasil pengujian ketiga menggunakan *focal spot* berukuran besar dapat diamati pada Gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12 Hasil citra radiografi dari uji ketiga dengan *focal spot* besar

Dari Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa titik pusat berkas sinar-X tidak melampaui lingkaran kecil, yang berarti penyimpangan posisi pusat sinar masih berada dalam batas toleransi.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kesesuaian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSIA Zainab, diketahui bahwa nilai penyimpangan dari perhitungan X1+X2 masih berada dalam batas toleransi. Pada sumbu X, rata-rata penyimpangan yang tercatat adalah 1,52 cm untuk *focal spot* kecil dan 0,32 cm untuk *focal spot* besar. Hal serupa juga terlihat pada sumbu Y, di mana hasil perhitungan Y1+Y2 menunjukkan penyimpangan rata-rata sebesar

1,46 cm untuk *focal spot* kecil dan 1,16 cm untuk *focal spot* besar, yang juga tidak melebihi batas toleransi yang ditetapkan.

Merujuk pada KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, batas toleransi untuk hasil uji kesesuaian berkas sinar-X adalah ≤ 2% dari jarak fokus ke film (FFD). Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan collimator test tool dengan parameter Kv, mA, dan FFD sebesar 100 cm, sehingga batas toleransi penyimpangan yang diperbolehkan adalah maksimal 2 cm.

Dalam Artitin (2024) tindakan yang kurang cermat dapat menyebabkan pergeseran berkas lapangan kolimasi, baik saat pemeriksaan berlangsung maupun saat penggantian tabung sinar-X, yang berakibat pada ketidaksesuaian antara luas lapangan sinar tampak dengan lapangan sinar-X.

Kemudian seluruh hasil pengujian ketepatan titik pusat pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSIA Zainab, yang dilakukan menggunakan alat uji *beam alignment test tool*, menunjukkan bahwa posisi titik pusat berada di dalam lingkaran kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa besar penyimpangan titik pusat kurang dari 1,5°. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat penyimpangan titik pusat yang melampaui ambang toleransi. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009, batas toleransi yang diperbolehkan untuk kesesuaian titik pusat adalah ≤ 3°.

Berdasarkan dari penelitian Kartika Sari, dkk Tahun 2023 terdapat kesamaan dengan penelitian ini, yaitu sama-sama menggunakan jarak fokus ke film (FFD) sebesar 100 cm. Namun demikian, terdapat perbedaan pada alat uji

yang digunakan. Penelitian sebelumnya menggunakan lembaran kertas dan uang logam sebagai alat bantu uji, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan *collimator test tool* dan *beam alignment test tool*, sehingga menghasilkan perbedaan dalam hasil pengujian.

Berdasarkan penelitian Dila Nelvo Dasril tahun 2018 terdapat kesamaan dari penelitian yang dilakukan saat ini, yaitu sama-sama menggunakan *focal spot* yang berbeda, menggunakan alat uji berupa *collimator test tool* dan menggunakan jarak fokus ke film (FFD) 100 cm.

Dengan demikian, seluruh hasil pengujian kesesuaian berkas cahaya kolimator dan titik pusat pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSIA Zainab menunjukkan bahwa nilai penyimpangan yang diperoleh masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, yaitu ≤ 2 cm untuk penyimpangan kolimasi (≤ 2% FFD pada FFD 100 cm) dan ≤ 3° untuk kesesuaian titik pusat. Rata-rata nilai penyimpangan pada sumbu X dan Y untuk kedua ukuran *focal spot* tidak melebihi ambang batas tersebut, begitu pula dengan hasil pengujian titik pusat yang berada dalam lingkaran kecil dengan penyimpangan < 1,5°, sesuai standar yang berlaku. Temuan ini menunjukkan bahwa peralatan serta prosedur yang digunakan di Instalasi Radiologi RSIA Zainab telah berfungsi secara optimal dan baik. Keberhasilan ini mencerminkan komitmen terhadap kualitas dan keselamatan pasien dalam pelayanan radiologi, serta mendukung pentingnya penerapan uji kesesuaian secara berkala guna memastikan performa alat tetap sesuai standar yang ditetapkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kesesuaian berkas sinar-X serta ketepatan titik pusat pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSIA Zainab, dengan menggunakan alat bantu *collimator test tool* dan *beam alignment test tool*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

5.1.1 Hasil pengujian terhadap kesesuaian berkas sinar-X menunjukkan bahwa nilai penyimpangannya masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan. Mengacu pada Peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009, toleransi maksimum untuk kesesuaian berkas sinar-X adalah ≤ 2% dari FFD, atau setara dengan ≤ 2 cm jika FFD yang digunakan adalah 100 cm.

5.1.2 Kemudian seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat menunjukkan bahwa posisi titik pusat sinar-X berada di dalam lingkaran kecil, dengan penyimpangan kurang dari 1,5°. Temuan ini menandakan bahwa tidak terdapat penyimpangan melebihi ambang toleransi. Berdasarkan ketentuan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009, batas toleransi untuk kesesuaian titik pusat adalah sebesar ≤ 3°.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, penulis bisa memberikan saran sebagai berikut :

5.2.1 Bagi Rumah Sakit

Disarankan agar pemeriksaan secara berkala dilakukan dengan frekuensi minimal satu kali setiap bulan. Hal ini sesuai dengan ketentuan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Kendali Mutu Peralatan Radiodiagnostik.

5.2.2 Bagi Penelitian Selanjutnya

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dapat dilakukan pengujian kesesuaian berkas cahaya kolimator dengan variasi jarak fokus ke film (FFD), guna mengetahui pengaruh perubahan jarak terhadap tingkat akurasi kolimasi.

DAFTAR PUSTAKA

Akhadi, M. (2014). Analisis unsur kelumit melalui pancaran sinar-x karakteristik. *Buletin Alara*, *8*(1).

Artitin, C., Nisa, C., Sari, O. P., & Anjarwati, N. (2024). UJI KESAMAAN BERKAS KOLIMATOR DENGAN VARIASI JARAK FFD (FOCUS FILM DISTANCE) PADA PESAWAT SINAR-X. Jurnal Kesehatan Saintika Meditory, 7(2), 282-289.

BAPETEN, 2020. "Surat Keputusan Kepala Bapeten nomor 4 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional. Jakarta

Bisra, M., & Hulmansyah, D. (2024). *Komputerisasi Radiologi*.

Dasril, D. N. (2018). Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pesawat Sinar-X Konvensional Merk Showa Type Tco-1 Di Rsud Sungai Dareh Kab. Dharmasraya. Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah, 12(10).

Fauber, Terri L. 2017. Radiographic Imaging & Exposure. Elsevier Health Sciences

Fuadi, N., & Jusli, N. (2022). Pemantauan Dosis Perorangan Menggunakan Thermoluminescence Dosimeter (TLD) di Wilayah Papua dan Papua Barat Tahun 2020-2021. SAINFIS: Jurnal Sains Fisika, 2(1), 63-74.

Gideon, S., & Guswantoro, T. (2019). Analisis Luaran Radiasi Perangkat Sinar-X dengan Sumber Tabung Vakum Gammatron 2x2A. *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, *3*(2), 111-118.

Hulmansyah, D., Bisra, M., & Yoshandi, T. M. (2024). Rancang Bangun Sistem Informasi Radiologi Berbasis Website. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Diagnosis*, *19*(3), 74-79.

Hulmansyah, D., Zanisman, P. M., & Purnamasari, D. (2024). Penatalaksanaan Teknik Pemeriksaan Fistulografi Dengan Klinis Fistula Perianal Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit X. MEDIKA TRADA: Journal of Electromedical Engineering Polbitrada, 5(1), 11-17.

Husmiati, H., Samad, B. A., & Nurdin, W. B. (2016). Studi Penentuan Titik Fokus Pada Uji Akurasi Tegangan Tabung Dalam Proses Kalibrasi Pesawat Sinar-X. *Hasanuddin University Repository-Jurnal Fisika Fakultas Matematika Universitas Hasanuddin*.

Manik, J., Hariyanto, B., & Abdullah, E. (2021). Analisis Kesesuaian Lapangan Kolimasi Pada Alat Digital Radiografi. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, *1*(6), 669-674.

Martina, D., Susilo, S., & Sunarno, S. (2015). Uji Kolimator pada Pesawat Sinar-X Merk/Type Mednif/sf-100by di Laboratorium Fisika Medik Menggunakan Unit RMI. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, *38*(2), 121-126.

Nugraheni, F., Anisah, F., & Susetyo, G. A. (2022). Analisis Efek Radiasi Sinar-X pada Tubuh Manusia. In *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)* (Vol. 7, pp. 19-25).

PERMENKES RI. (2009). peraturan mentri kesehatan republik indonesia no 1250 tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (quality control) peralatan radiodiagnostik.

Rahmania, I., & Suranti, T. (2024). MODIFIKASI RANCANG BANGUN ALAT UJI COLIMATOR & BEAM ALIGNMENT TEST TOOL DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD Dr. Hi. ABDUL MOELOEK PROVINSI LAMPUNG. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 75-82.

Sari, A. W., & Hartina, S. (2017). Uji Kesesuaian Collimator Beam Dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Raico di Instalasi Radiologi Raden Mattaher Jambi. dalam Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Peneltian.

Sari, G., Sriyatun, S., & Wahyuni, G. P. (2017). Efficiency Test Of Colimator Shutter At The X Ray Tube In Radiodiagnostic Laboratory Of Poltekkes Jakarta 2 And

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.

Seeram, Euclid. 2019. Digital Radiography. Sydney: Springer

Sudarsih, K., Suraningsih, N., & Puspita, M. I. (2018). Pengujian Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Mobile Unit Merek Siemens Di Instalasi Radiologi RSUD KRMT Wongsonegoro Semarang. Journal of Health (JoH), 5(2), 67-71.

Sukmawati, C. B., Arianto, F., & Hidayanto, E. (2022). Penentuan Dosis Serap Relatif Radiasi Sinar-X Pada Radiografi Thoraks Dengan Variasi Periode Pemeriksaan Kesehatan Menggunakan Aplikasi Mcnpx. *Berkala FIsika*, *25*(1), 7-13.

Sparzinanda, E., & Gustia, M. M. (2024). ANALISIS NILAI FAKTOR EKSPOSI YANG PALING OPTIMUM UNTUK MENDAPATKAN KUALITAS CITRA

RADIOGRAFI YANG BAIK. *EDU RESEARCH*, *5*(1), 214-231.

Two Clinical Hospitals In Jakarta. SANITAS: Jurnal Teknologi dan Seni Kesehatan, 8(1), 16-20.

Utami, A., Saputro, S., & Felayani, F. 2018. Radiologi Dasar I (3rd ed.). Inti Medika Pustaka : Magelang, Jawa Tengah.

Wiharja, U., & Al Bahar, A. K. (2019). Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi. Prosiding Semnastek

Zulfikar, R., Sari, F. P., Fatmayati, A., Wandini, K., Haryati, T., Jumini, S., ... & Fadilah, H. (2024). Metode Penelitian Kuantitatif (Teori, Metode Dan Praktik)

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 Tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik, Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator

MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

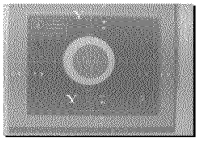
EVALUASI	berfungsi efesien/efektif, maka pada film tidak ada efek kebocoran radiasi/penghitaman

A.1.c. UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR

TUJUAN	Untuk menentukan akurasi pada kesamaan antara berkas sinar-X dan berkas cahaya dan mengevaluasi ketepatan berkas sinar-X dengan pusat berkas cahaya
ALAT DAN BAHAN	1. Alat uji Kolimator (Collimator Alignment Test Tool) 2. Alat uji ketepatan berkas cahaya (Beam Alignment Test Tool) 3. Film sinar-X dan kaset ukuran 24 x 30 cm 4. Pita pengukur
CARA KERJA	1. Letakan kaset ukuran 24 x 30 cm pada permukaan yang datar. 2. Yakinkan bahwa anoda dan katoda axis adalah parallel ke kaset 3. Sentrasi tabung sinar-X dipusatkan di tengah kaset dan atur jarak antara focus dengan film (FFD) setinggi 100 cm 4. Tempatkan collimator test tool pada pertengahan kaset.. 5. Cahaya kolimator diatur tepat dalam area persegi panjang plat test tool 6. Tempatkan beam alignment test tool pada pusat area pencahayaan. 7. Hidupkan lampu kolimator, atur luas lapangan cahaya sesuai dengan garis persegi panjang yang ada pada permukaan plat 8. Lakukan eksposi radiografi agar diperoleh densitas optis pada film yang dapat diobservasi oleh evaluator 9. Proses film di kamar gelap dan cek kesesuaian berkas cahaya/ berkas sinar-X dan x-ray beam alignment. 10. Ulangi untuk ukuran focal spot yang lain. 11. KOLIMATOR : Catat perubahan skala lapangan radiasi dan X2 dan Y2 dan skala lapangan sinar kolimator X1 dan Y1 dalam lembar kerja (worksheet) 12. Bandingan hasil pengukuran dengan standard NCRP (≤ 2% of FFD) 13. BEAM : Perhatikan pergeseran gambar kedua bola baja dalam film, dan bandingkan dengan standar NCRP (≤ 3^o) 14. Berikan catatan atau komentar True/False, dan rekomendasi lainnya bila diperlukan

$$X_1 + X_2 \leq 2\% \; FFD$$

$$Y_1 + Y_2 \leq 2\% \; FFD$$



Rumus perhitungan

FREKUENSI UJI

1 (satu) bulan sekali atau setelah perbaikan atau perawatan rumah tabung dan kolimator. Frekuensi pengujian dapat dipebanyak tergantung dengan besarnya beban penggunaan pesawat.

PENILAIAN DAN EVALUASI

1. Gambaran yang tampak pada radiograf akan menentukan jika berkas sinar-X didalam ± pada semua sisi berkas cahaya. Tingkat akurasi seharusnya diperoleh pada posisi apapun dari kolimator. Secara umum hanya digunakan untuk orientasi yang diperlukan untuk mengevaluasi.
2. Amati apakah bulatan timbal atas dan bawah alignment test tool terjadi superposisi. Rendahnya kesesuaian antara pusat sinar-X dan berkas cahaya dapat menyebabkan problem imejing oleh effek heel dari anoda yang berlebihan dan menyebabkan grid cutt-off. Untuk ketinggian test tool 20 cm, objek di atas harus berada 5 mm pada objek di bawah.

A.2.a. UJI KEBOCORAN RUMAH TABUNG SINAR-X

TUJUAN

Untuk menentukan area kebocoran radiasi yang terjadi pada rumah tabung sinar-X dan untuk mengukur nilai kebocoran yang terjadi. Uji ini juga perlu dikerjakan jika telah dilakukan perawatan atau perbaikan terhadap rumah tabung sinar-X.

ALAT DAN BAHAN

1. Beberapa film sinar-X yang terbungkus karton/amplop kedap cahaya atau kaset sinar-X berisi fresh film
2. Ionization Chamber dan electrometer dengan kemampuan jangkauan area detector tidak melampau 100 cm^2
3. Pita pengukur
4. Plester plastik tidak tembus pandang

Lampiran 2 : Surat Izin Survey Awal

UNIVERSITAS AWAL BROS

A Spirit of Caring

A Vision of Excellence

Pekanbaru. Jl Karya Bakti No 8 Simp. BPG 28141
Telp (0761) 8409768. 082276268786
Batam. Jl Abulyatama. 29464
Telp (0778) 4805007. 085760085061
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

Pekanbaru, 18 April 2025

No : 00008/UAB1.01.3.3/U/KPS/4.25
Lampiran : -
Perihal : **Surat Permohonan Izin Survey Awal**

Kepada Yth :
Bapak/Ibu Direktur RSIA Zainab Pekanbaru
di-
Tempat

Semoga Bapak/Ibu selalu dalam lindungan Tuhan Yang Maha Esa dan sukses dalam menjalankan aktivitas sehari-hari.

Teriring puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa, berdasarkan kalender Akademik Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Pekanbaru Tahun Ajaran 2024/2025 Genap, bahwa Mahasiswa/i kami akan melaksanakan penyusunan Proposal Karya Tulis Ilmiah (KTI).

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, kami mohon Bapak/Ibu dapat memberi izin Survey Awal untuk Mahasiswa/i kami dibawah ini :

Nama	:	KHANZA SURYANI
Nim	:	202211402001
Dengan Judul	:	Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab

Demikian surat permohonan izin ini kami sampaikan, atas kesediaan dan kerjasama Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi
Universitas Awal Bros

Shelly Angella,S.Tr.Rad., M.Tr.Kes
NIP. 1022099201

Tembusan :
1.Arsip

Lampiran 3 : Balasan Surat Izin Survey Awal

RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK
ZAINAB

TERAKREDITASI PARIPURNA
KARS

BISMILLAHIRRAHMANIRRAHIM

Nomor : 217/RSIA-ZNB/SDM-EXT/VI/2025
Lampiran : -
Perihal : **Surat Keterangan Penelitian/Riset**

Assalamu'alaikum, wr wb.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan taufik dan hidayah-Nya kepada kita semua dalam melaksanakan aktifitas sehari-hari, *Aamiin.*

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Rachmi Pratiwi, SH
NIK : 2019002472
Jabatan : Manager SDM

Menerangkan bahwa:

Nama : Khanza Suryani
NIM : 202211402001
Program Studi : DIII Teknik Radiologi

Bahwa bedasarkan surat dari Universitas Awal Bros Pekanbaru No. 00049/UAB1.01.3.3/U/KPS/5.25 perihal Permohonan Pengambilan data Penelitian/Riset yang bersangkutan diatas **DITERIMA** untuk melakukan Penelitian/Riset dengan Judul "**Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab"**. di Rumah Sakit Ibu dan Anak Zainab.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum, wr wb.

Pekanbaru, 20 Zulhijjah 1446 H
16 Juni 2025

Manager SDM

Rachmi Pratiwi, SH
NIK: 2019002472

Alamat : Jl. Ronggowarsito I No.1 Pekanbaru Telp. (0761) 24000 Email: sekretaris@rsiazainab.co.id Website: www.rsiazainab.co.id

Lampiran 4 : Surat Izin Penelitian

UNIVERSITAS AWAL BROS
A Spirit of Caring
A Vision of Excellence

Pekanbaru, Jl.Karya Bakti, No 8 Simp. BPG 28141
Telp. (0761) 8409768/ 082276268786
Batam, Jl.Abulyatama, 29464
Telp. (0778) 4805007/ 085760085061
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

No : 00049/UAB1.01.3.3/U/KPS/5.25
Lampiran : -
Perihal : **Surat Izin Penelitian**

Kepada Yth :
Bapak/Ibu Direktur RSIA Zainab Pekanbaru
di-
Tempat

Semoga Bapak/Ibu selalu dalam lindungan Tuhan Yang Maha Esa dan sukses dalam menjalankan aktivitas sehari-hari.

Teriring puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa, berdasarkan kalender Akademik Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Tahun Ajaran 2024/2025 Genap, bahwa Mahasiswa/i kami akan melaksanakan penyusunan Karya Tulis Ilmiah (KTI).

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, kami mohon Bapak/Ibu dapat memberi izin Penelitian untuk Mahasiswa/i kami dibawah ini :

Nama	:	KHANZA SURYANI
Nim	:	202211402001
Dengan Judul	:	Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab

Demikian surat permohonan izin ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Pekanbaru, 27 Mei 2025
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi
Universitas Awal Bros

Shelly Angella,S.Tr.Rad., M.Tr.Kes
NIP. 1022099201

Tembusan :

Lampiran 5 : Balasan Surat Izin Penelitian

RUMAH SAKIT IBU DAN ANAK
ZAINAB

TERAKREDITASI PARIPURNA KARS

Nomor : 188/RSIA-ZNB/SDM-EXT/V/2025
Lampiran : -
Perihal : **Surat Balasan Izin Penelitian/Riset**

Assalamu'alaikum, wr wb.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan taufik dan hidayah-Nya kepada kita semua dalam melaksanakan aktifitas sehari-hari, *Aamiin.*

Saya yang bertandatangan dibawah ini menerangkan bahwa:

Nama	: Rachmi Pratiwi, SH
NIK	: 2019002472
Jabatan	: Manager SDM

Menerangkan bahwa:

Nama	: Khanza Suryani
NIM	: 202211402001
Program Studi	: DIII Teknik Radiologi

Bahwa bedasarkan surat dari Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Pekanbaru, No. 00008/UAB1.01.3.3/U/KPS/4.25 perihal Permohonan Pengambilan data Penelitian/Riset yang bersangkutan diatas **DITERIMA** untuk melakukan Penelitian/Riset dengan Judul **"Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab "**.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum, wr wb.

Pekanbaru, 29 Zulqa'dah 1446 H
27 Mei 2025

Manager SDM

RUMAH SAKIT IBU & ANAK ZAINAB

Rachmi Pratiwi, SH
NIK: 2019002472

Lampiran 6 : Pengolahan Data

PENGOLAHAN DATA

UJI KESESUAIAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI RUANG PEMERIKSAAN KONVENSIONAL INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB

Nama : Khanza Suryani

Nim : 202211402001

1. Pengujian pertama (*focal spot* kecil)

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,20 cm	X1 = -0,2 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,41 cm	X2 = 0,59 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,14 cm	Y1 = 0,86 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,44 cm	Y2 = 0,56 cm

Perhitungan Sumbu X	**Perhitungan Sumbu Y**
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,2 + 0,59 ≤ 2 cm	0,86 + 0,56 ≤ 2 cm
0,39 ≤ 2 cm	1,42 ≤ 2 cm

1. **Pengujian kedua (*focal spot* kecil)**

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,10 cm	X1 = -0,1 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,41 cm	X2 = 0,59 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,49 cm	Y1 = 0,51 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,39 cm	Y2 = 0,61 cm

Perhitungan Sumbu X	**Perhitungan Sumbu Y**
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,1 + 0,59 ≤ 2 cm	0,51 + 0,61 ≤ 2 cm
0,49 ≤ 2 cm	1,12 ≤ 2 cm

2. **Pengujian ketiga (*focal spot* kecil)**

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,30 cm	X1 = -0,3 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,55 cm	X2 = 0,45 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,19 cm	Y1 = 0,81 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,34 cm	Y2 = 0,66 cm

Perhitungan Sumbu X	**Perhitungan Sumbu Y**
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,3 + 0,45 ≤ 2 cm	0,81 + 0,66 ≤ 2 cm
0,15 ≤ 2 cm	1,47 ≤ 2 cm

3. Pengujian pertama (*focal spot* besar)

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,30 cm	X1 = -0,3 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,50 cm	X2 = 0,5 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,39 cm	Y1 = 0,61 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,34 cm	Y2 = 0,66 cm

Perhitungan Sumbu X	**Perhitungan Sumbu Y**
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,3 + 0,5 ≤ 2 cm	0,61 + 0,66 ≤ 2 cm
0,8 ≤ 2 cm	1,27 ≤ 2 cm

4. Pengujian kedua (*focal spot* besar)

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,25 cm	X1 = -0,25 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,50 cm	X2 = 0,5 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,49 cm	Y1 = 0,51 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,64 cm	Y2 = 0,36 cm

Perhitungan Sumbu X	**Perhitungan Sumbu Y**
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
X1 + X2 ≤ $\frac{2}{100}$ × 100 cm	Y1 + Y2 ≤ $\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}}$ × 100 cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,25 + 0,5 ≤ 2 cm	0,51 + 0,36 ≤ 2 cm
0,25 ≤ 2 cm	0,87 ≤ 2 cm

5. Pengujian ketiga (*focal spot* besar)

Pengukuran *Collimator Beam* (C)	**Pengukuran Berkas Sinar-X (S)**	**Hasil Pengukuran Selisih (C) dan (S)**
X_c1 = 9,00 cm	X_s1 = 9,50 cm	X1 = -0,5 cm
X_c2 = 9,00 cm	X_s2 = 8,51 cm	X2 = 0,49 cm
Y_c1 = 12,00 cm	Y_s1 = 11,14 cm	Y1 = 0,86 cm
Y_c2 = 12,00 cm	Y_s2 = 11,54 cm	Y2 = 0,46 cm

Perhitungan Sumbu X	**Perhitungan Sumbu Y**
X1 + X2 ≤ 2% FFD	Y1 + Y2 ≤ 2% FFD
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm	$Y1 + Y2 \leq \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{100}} \times 100$ cm
X1 + X2 ≤ 2 cm	Y1 + Y2 ≤ 2 cm
-0,5 + 0,49 ≤ 2 cm	0,86 + 0,46 ≤ 2 cm
-0,01 ≤ 2 cm	1,32 ≤ 2 cm

Lampiran 7 : Data Kalibrasi

PT. MUTU FISMED INDONESIA
Jl. Abadi No. 114 RT. 003/005 Curug, Cimanggis - Depok 16543
Email : mutufismed@gmail.com, mufindocertified@gmail.com
(021) 80452181

LK-347-IDN

SERTIFIKAT KALIBRASI

No. Sertifikat : Mufindo 24100179

IDENTITAS ALAT

Nama Alat	: Pesawat Sinar-X, Mobile
Merk	: Allengers
Tipe / Model	: Allengers 100
Nomor Seri	: 4433
Buatan	: -

IDENTITAS PEMILIK

Nama Pemilik	: RS Ibu dan Anak Zainab
Alamat	: Jl. Ronggo Warsito No.1, Suka Maju, Kec. Sail, Kota Pekanbaru, Riau 28132
No.Order	: MFI/J.004/KAL/X/2024
Tanggal Diterima	: 10 Oktober 2024
Tanggal Kalibrasi	: 10 Oktober 2024
PenanggungJawab Kalibrasi	: Tri Narso Guntoro., A.Md. TEM., S.Si., M.Si
Resolusi	: 1 Vac
Rentang	: 0-240 Vac
Metode Kalibrasi	: Mufindo-389
Tempat Kalibrasi	: R. Radiologi

Sertifikat ini terdiri dari : 3 Halaman
Diterbitkan tanggal : 14 Oktober 2024

PT Mutu Fismed Indonesia

Wenty Maharani, S.ST.
Direktur

HASIL KALIBRASI

I. Kondisi Kalibrasi

a. Suhu : 23.5 ± 0.5 °C
b. Kelembaban : 52.8 ± 1.1 % RH

II. Alat Standar Tertelusur ke Sistem Satuan Internasional (SI)

Alat Standar	Merk / Tipe / No.Seri	Melalui :
X- Ray Multimeter	Piranha	PT Sinergi
Lux Meter	BC Biomedical	LK 008 IDN
Mistar		LK 188 IDN
Thermohigrometer	HTC -02	LK 009 IDN

III. Pemeriksaan Kondisi Fisik dan Fungsi

a. Fisik : Baik / ~~Tidak Baik~~*
b. Fungsi : Baik / ~~Tidak baik~~*

IV. Acuan Kalibrasi : Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan No. HK.02.02/V/0412/2020 , No. MK : 063-18

V. Pengamatan Kinerja

I. Pengujian Kelistrikan

Terlampir

II. Pengujian Kinerja X-Ray General

Terlampir

VI. Kesimpulan

78	≥ 70	Laik Pakai

Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan No. 54 Tahun 2015. Ketidakpastian yang diberikan dalam sertifikat ini menggunakan basis distribusi normal dengan tingkat kepercayaan 95%, dengan faktor cakupan k = 2

HASIL KALIBRASI

1 Pengujian Kelistrikan

No	Parameter	Terukur	
1	Inspeksi visual	Memenuhi	
2	Resistensi Pembumian	0	Ohm
3	Arus bocor peralatan	179	µA
4	Arus bocor bagian yang diaplikasikan	179	µA
5	Resistensi Isolasi	0	Mohm
6	Uji fungsi	Berfungsi	
Type		BF	
Kelas		I	
Catatan		Tidak terjadi penyimpangan fungsional	

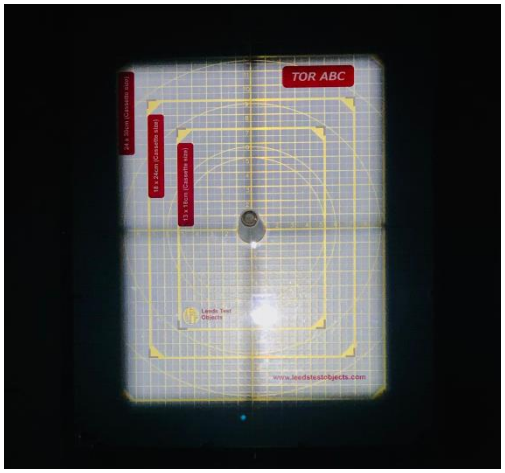
2 Pengujian Kinerja X-Ray General

No	Parameter	Pengamatan	Lolos Uji
1	Uji Iluminasi (lux)	104	Lolos
2	Uji Akurasi Tegangan Tabung	4%	≤ ± 10 %
3	Uji Akurasi Waktu Penyinaran	0.04	0,02<s<1
4	Uji Linearitas (CL)	0.01	≤ 0,1
5	Uji Reproduksibility (CV)	0.01	≤ 0,05
6	Uji Kualitas Sinar (HVL) (60 kVp	2.47	≥ 2,1 mmAl
7	Kebocoran Wadah Tabung	0.7	≤ 1,0 mGy/h
8	Informasi Dosis (ESD)	0	<3 mGy

Lampiran 8 : Dokumentasi Penelitian

Memposisikan Beam Alignment

Menyesuaikan Berkas Cahaya



Mengukur Berkas Cahaya

Lampiran 9 : Kode Etik Penelitian

UNIVERSITAS AWAL BROS
A Spirit Of Service
A Vision of Excellence

Pekanbaru, Jl.Karya Bakti, No 8 Simp. BPG 28141
Telp. (0761) 8489768/ 082276368786
Batam, Jl.Abulyatama, 29464
Telp. (0778) 4835807/ 085780085861
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

REKOMENDASI PERSETUJUAN ETIK
Nomor : 0078/UAB1.20/SR/KEPK/06.25

Dengan Ini Menyatakan Bahwa Protokol Dan Dokumen Yang Berhubungan Dengan Protokol Berikut Telah Mendapatkan Persetujuan Etik :

No Protokol	UAB250010		
Peneliti Utama	Khanza Suryani		
Judul Penelitian	Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab		
Tempat Penelitian	Instalasi Radiologi RSIA Zainab Pekanbaru		
Masa Berlaku	19 Juni 2025 - 19 Juni 2026		
Ketua Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Awal Bros	**Nama :** Eka Fitri Amir S.ST.,M.Keb	**Tanda Tangan:**	**Tanggal:** 19 Juni 2025

Kewajiban Peneliti Utama :
1. Menyerahkan Laporan Akhir Setelah Penelitian Berakhir
2. Melaporkan Penyimpangan Dari Protokol Yang Disetujui
3. Mematuhi Semua Peraturan Yang Telah Ditetapkan

Lampiran 10 : Lembar Konsul Pembimbing I

LAMPIRAN KONSUL PEMBIMBING I

Nama : Khanza Suryani

NIM : 202211402001

Judul KTI : Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab

Nama Pembimbing I : Aulia Annisa, M.Tr.ID

No	Hari/ Tanggal	Keterangan	TTD
1	Rabu, 12/03/2025	Bimbingan Judul dan Bab I	
2	Kamis, 13/03/2025	Bimbingan dan revisi Bab I	
3	Jumat, 14/03/2025	Bimbingan Bab II	
4	Selasa, 18/03/2025	Bimbingan Bab III	
5	Rabu, 19/03/2025	Bimbingan dan revisi Bab III	
6	Rabu, 19/03/2025	ACC Proposal Bab I-III	
7	Rabu, 11/06/2025	Bimbingan Bab IV dan V	
8	Jumat, 13/06/2025	Revisi Bab IV dan V	
9	Jumat, 13/06/2025	ACC Hasil	
10	Jumat, 13/06/2025	TTD Persetujuan Semhas	

Pekanbaru, 13 Juni 2025

Pembimbing 1

(Aulia Annisa, M.Tr.ID)

NIDN.1014059304

Lampiran 11 : Lembar konsul Pembimbing II

LAMPIRAN KONSUL PEMBIMBING 2

Nama : Khanza Suryani

NIM : 202211402001

Judul KTI : Uji Kesesuaian Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Ruang Pemeriksaan Konvensional Instalasi Radiologi RSIA Zainab

Nama Pembimbing 2 : Danil Hulmansyah, M.Tr.ID

No	Hari/ Tanggal	Keterangan	TTD
1	Kamis, 20/02/2025	Konsultasi Bimbingan	
2	Senin, 17/03/2025	Bimbingan Bab I	
3	Selasa, 18/03/2025	Bimbingan Bab II	
4	Rabu, 19/03/2025	Bimbingan Bab III	
5	Rabu, 19/03/2025	ACC Proposal	
6	Rabu, 19/03/2025	TTD Persetujuan Sempro	
7	Jumat, 13/06/2025	Bimbingan Bab IV dan V	
8	Senin, 16/06/2025	Revisi Bab IV dan V	
9	Senin, 16/06/2025	ACC Hasil	
10	Senin, 16/06/2025	TTD Persetujuan Semhas	

Pekanbaru, 16 Juni 2025

Pembimbing 2

(Danil Hulmansyah, M.Tr.ID)

NIDN.1029049102