UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN

KARYA TULIS ILMIAH

Oleh :

M.SYAWAL SYAHPUTRA
NIM. 202211402008

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS AWAL BROS
2025

UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN

KARYA TULIS ILMIAH

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Kesehatan

Oleh :

M.SYAWAL SYAHPUTRA
NIM. 202211402008

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 KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN
PENYUSUN	:	M. SYAWAL SYAHPUTRA
NIM	:	202211402008

Pekanbaru, 13 Juni 2025

Pembimbing I	Pembimbing II
Shelly Angella, M.Tr.Kes	Devi Purnamasari, S.Psi.,MKM
NIDN. 1022099201	NIDN. 1003098301

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 KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN
PENYUSUN	:	M. SYAWAL SYAHPUTRA
NIM	:	202211402008

Pekanbaru, 6 Agustus 2025

1. Penguji I : Aulia Annisa, M.Tr.ID ( )
   NIDN. 1014059304
2. Penguji II : Shelly Angella, M.Tr.Kes ( )
   NIDN. 1022099201
3. Penguji III : Devi Purnamasari, S.Psi.,MKM ( )
   NIDN. 1003098301

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	:	M. Syawal Syahputra
Judul	:	Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan
NIM	:	202211402008

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam KTI ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Kesehatan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya/pendapat yang pernah ditulis/diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 17 Juni 2025

Yang membuat pernyataan

(M. Syawal Syahputra)

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan"

(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

“Lakukan apa yang kau mau sekarang
Saat hatimu bergerak, jangan kau larang
Hidup ini tak ada artinya
Maka kau bebas mengarang maknanya seorang”

(Hindia-Berdansalah, Karir Ini Tak Ada Artinya)

Alhamdulillahirabbil ‘alamin segala puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat ridho-Nya peneliti diberikan kesehatan, keselamatan, serta kesempatan untuk menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini. Shalawat beserta salam kita kirimkan kepada Nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari zaman jahiliyah kepada zaman yang terang benderang saat ini.

Rasa bangga dan syukur sampai dititik ini, dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah, meskipun jauh dari kata sempurna dan tidak akan pernah sempurna. Karya Tulis Ilmiah ini Penulis persembahkan untuk:

1. Ayah saya Alm. Syafriansyah dan mama saya Hendrawati yang telah membesarkan saya hingga sekarang, yang selalu memberikan kasih sayang beserta doa yang luar biasa kepada saya, dan memberikan dukungan juga mengingatkan agar menyelesaikan kuliah tepat waktu dan tidak lalai. Semoga Almarhum Ayah saya dapat diampuni dosanya dan dilapangkan di dalam kuburnya, dan untuk mama semoga selalu diberikan kesehatan untuk

nantinya melihat anak-anaknya menjadi orang sukses serta selalu dalam lindungan Allah SWT. Serta adik kandung saya, Nadia terima kasih telah memberikan semangat untuk saya dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah. Terima kasih juga untuk om dan tante saya yang memberikan semangat untuk menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah.

2. Kepada dosen pembimbing I ma'am Shelly, dosen pembimbing II ma'am Devi, dan dosen penguji ma'am Aulia. Terima kasih sedalam-dalamnya saya ucapkan karena telah memberikan ilmu, arahan, saran dan masukan kepada saya serta sabar dalam membimbing selama proses pembuatan Karya Tulis Ilmiah. Terima kasih juga kepada Bapak Bisra selaku dosen pembimbing akademik saya selama perkuliahan Semoga apa yang telah diajarkan kepada saya, mendapatkan balasan dari Allah SWT.
3. Terima kasih kepada orang terdekat saya Ghea, Fara, dan Radit yang selalu menghibur, mengingatkan, dan membantu disaat saya merasa kebingungan dan kesulitan dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini. Terima kasih kepada seluruh teman-teman radiologi angkatan 22 yang saling support dan mengingatkan. Serta teman-teman "Jantan Radiologi 22" yang selalu menghibur dan membantu saya baik dari segi materil maupun moril, saya ucapkan terima kasih banyak. Harapannya, semoga kedepannya kita menjadi orang sukses yang dapat membanggakan keluarga masing-masing.
4. Terima kasih kepada tim "TBH Jaya" dan "SOBAT POS" yang telah memberikan dukungan, hiburan, motivasi disaat saya merasa jenuh. Terima kasih kepada Falgi sebagai teman satu atap yang selalu mengingatkan dan memberikan semangat untuk menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.

Sebagai penutup persembahan ini, izinkan saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, dukungan, serta motivasi dalam proses penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini. Segala doa, dukungan, dan kebaikan yang telah tercurah semoga senantiasa mendapat balasan terbaik dari Allah SWT.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama	:	M. Syawal Syahputra
Tempat/Tanggal Lahir	:	Tembilahan/23 Desember 2002
Agama	:	Islam
Jenis Kelamin	:	Laki-laki
Anak Ke	:	1 (Satu)
Status	:	Mahasiswa

Nama Orang tua

Ayah	:	Alm. Syafriansyah
Ibu	:	Hendrawati, S.Pd.Aud
Alamat	:	Jl. Cendrawasih II No. 88, Tembilahan- Indragiri Hilir

Latar Belakang Pendidikan

Tahun 2009 s/d 2015	:	SDN 001 Tembilahan Kota	(Berijazah)
Tahun 2015 s/d 2018	:	MTsN 094 Tembilahan	(Berijazah)
Tahun 2018 s/d 2021	:	SMA Negeri 1 Tembilahan Hulu	(Berijazah)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan atas kehadirat Allah SWT, yang dengan anugerah-NYA telah memungkinkan penulis menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini pada tanggal yang ditetapkan dengan judul "**UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN**".

Karya Tulis Ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Diploma III Teknik Radiologi di Universitas Awal Bros Pekanbaru. Keberhasilan yang saya capai hingga saat ini tidak luput dari doa, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak yang sangat saya sayangi, oleh karena itu Karya Tulis Ilmiah ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi, Alm. Ayah saya Alm. Syafriansyah dan Mama saya Hendarawati, S.Pd.Aud. Terimakasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan untuk Alm. Ayah dan Mama yang selalu memberikan doa setiap saat.
2. Adik kandung saya Nadia Safwah, yang selalu memberikan semangat untuk segera menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah.
3. Ibu Dr. Yulianti Wulandari, SKM.,MARS sebagai Rektor Universitas Awal Bros.
4. Ibu Shelly Angella, M.Tr.Kes sebagai Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi sekaligus pembimbing I yang telah membimbing saya dalam memberikan arahan serta saran dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah.

5. Ibu Devi Purnamasari, S.Psi.,MKM sebagai pembimbing II yang telah menyempatkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, dan arahan kepada saya dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah.
6. Ibu Aulia Annisa, M.Tr.ID sebagai penguji yang telah memberikan masukan serta arahan dalam membantu melengkapi penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
7. RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan yang telah bersedia memberikan dukungan serta menjadi tempat penelitian.
8. Segenap dosen Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros yang telah memberikan dan membekali saya dengan ilmu pengetahuan.
9. Semua rekan-rekan dan teman-teman seperjuangan khususnya Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Awal Bros.
10. Semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penulisan Karya Tulis Ilmiah ini yang tidak dapat saya sampaikan satu persatu.

Pekanbaru, 17 Juni 2025

M. Syawal Syahputra

DAFTAR ISI

Halaman

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

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Tinjauan Teori 7
2.1.1 Sinar-X 7
2.1.2 Pesawat Sinar-X 10
2.1.3 *Quality Control* (QC) 21
2.1.4 Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator 22
2.2 Kerangka Teori 28
2.3 Penelitian Terkait 29

BAB III METODE PENELITIAN **30**
3.1 Jenis dan Desain Penelitian 30
3.2 Populasi dan Sampel 30
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 31
3.4 Instrumen Penelitian 31
3.5 Prosedur Penelitian 33
3.6 Diagram Alur Penelitian 35
3.7 Metode Pengumpulan Data 36
3.8 Analisis Data 36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **38**
4.1 Hasil 38
4.2 Pembahasan 54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 58
5.1 Kesimpulan 58
5.2 Saran 58

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terkait 29
Tabel 3.1 Pengukuran Faktor Eksposi..... 33
Tabel 4.1 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji pertama FFD 102 cm..... 40
Tabel 4.2 Hasil Uji pertama Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 102 cm..... 41
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Pertama FFD 102 cm..... 41
Tabel 4.4 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji kedua FFD 102 cm..... 42
Tabel 4.5 Hasil Uji Kedua Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 102 cm..... 43
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Kedua FFD 102 cm..... 43
Tabel 4.7 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji ketiga FFD 102 cm..... 44
Tabel 4.8 Hasil Uji Ketiga Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 102 cm..... 45
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Ketiga FFD 102 cm 45
Tabel 4.10 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji pertama FFD 150 cm..... 46
Tabel 4.11 Hasil Uji Pertama Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 150 cm..... 47
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Pertama FFD 150 cm..... 47
Tabel 4.13 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji Kedua FFD 150 cm 48
Tabel 4.14 Hasil Uji Kedua Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 150 cm..... 49
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Kedua FFD 150 cm 49
Tabel 4.16 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji Ketiga FFD 150 cm.....50
Tabel 4.17 Hasil Uji Ketiga Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 150 cm..... 51
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Ketiga FFD 150 cm 51
Tabel 4.19 Hasil Keseluruhan dari Pengukuran dan Perhitungan..... 52

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Sinar-X Bremsstrahlung 9
Gambar 2.2 Sinar-X Karakteristik 10
Gambar 2.3 Tabung sinar-X 11
Gambar 2.4 katoda 13
Gambar 2.5 (**A**) Anoda diam, (**B**) Anoda putar 14
Gambar 2.6 Kolimator 15
Gambar 2.7 *Imaging plate* yang terdapat di dalam CR 20
Gambar 2.8 *Flat-Panel Detectors* 21
Gambar 2.9 Kerangka Teori 28
Gambar 3.1 Pesawat Sinar-X DR 31
Gambar 3.2 Alat Uji Kolimator 32
Gambar 3.3 *Waterpass* 32
Gambar 3.4 *Computer Console* 32
Gambar 3.5 Ilustrasi pengukuran luas lapangan 34
Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian 35
Gambar 4.1 Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan 38
Gambar 4.2 Hasil Uji 1 pada FFD 102 cm 40
Gambar 4.3 Hasil Uji 2 pada FFD 102 cm 42
Gambar 4.4 Hasil Uji 3 pada FFD 102 cm 44
Gambar 4.5 Hasil Uji 1 pada FFD 150 46
Gambar 4.6 Hasil Uji 2 pada FFD 150 48
Gambar 4.7 Hasil Uji 3 pada FFD 150 50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator KEMENKES No. 1250 Tahun 2009
Lampiran 2. Surat Izin Survey Awal
Lampiran 3. Surat Izin Penelitian
Lampiran 4. Surat Balasan Survey Awal dan Izin Penelitian
Lampiran 5. Surat Keterangan Selesai Penelitian
Lampiran 6. Surat Permohonan Persetujuan Etik
Lampiran 7. Surat Rekomendasi Persetujuan Etik
Lampiran 8. Hasil Radiograf Pengujian Pertama Menggunakan FFD 102 cm
Lampiran 9. Hasil Radiograf Pengujian Kedua Menggunakan FFD 102 cm
Lampiran 10. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga Menggunakan FFD 102 cm
Lampiran 11. Hasil Radiograf Pengujian Pertama Menggunakan FFD 150 cm
Lampiran 12. Hasil Radiograf Pengujian Kedua Menggunakan FFD 150 cm
Lampiran 13. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga Menggunakan FFD 150 cm
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian
Lampiran 15. Lembar Observasi Penelitian
Lampiran 16. Lembar Konsul Pembimbing I
Lampiran 17. Lembar Konsul Pembimbing II

DAFTAR SINGKATAN

FFD : *Focus Film Distance*
IAEA : *International Atomic Energy Agency*
KEMENKES RI : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
RSUD : Rumah Sakit Umum Daerah
Nm : Nanometer
mA : *Miliampere*
HV : *High Voltage*
M : Meter
In : Inci
Cm : *Centimeter*
KVp : *Kilovoltage Page*
mAs : *Miliampere Second*
IR : *Image receptor*
CR : *Computed radiography*
DR : *Direct radiography*
PSP : *Photostimulable Phospor*
FPDs : *Flat Panel Detectors*
QC : *Quality Control*
QA : *Quality Assurance*
SID : *Source to Image Distance*

UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN

M. Syawal Syahputra[1)]
[1)]Universitas Awal Bros

Email: msyawalsyahputra23@gmail.com

ABSTRAK

Di Instalasi Radiologi terdapat berbagai modalitas, salah satunya adalah pesawat sinar-X. Setiap modalitas wajib untuk dilakukan kendali mutu agar memastikan peralatan tersebut aman untuk melakukan prosedur radiologi. Di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan, pengujian kesesuaian kolimator terakhir dilakukan pada Juni 2022. Pengujian ini wajib dilakukan setiap bulan atau setelah ada perbaikan, pemeliharaan rumah tabung, dan penyesuaian kolimator sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 1250 Tahun 2009. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan kolimator berfungsi sesuai standar yang telah ditetapkan.

Metode yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan observasi langsung menggunakan *collimator test tool* pada FFD 102 cm dan 150 cm dengan luas lapangan penyinaran 9×12 cm. Analisis dilakukan dengan membandingkan pergeseran berkas cahaya kolimator terhadap berkas radiasi, dengan batas toleransi maksimum 2% dari FFD.

Hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator menunjukkan bahwa rata-rata pergeseran pada FFD 102 cm sumbu X sebesar 0,4 dan sumbu Y 1 cm, pada FFD 150 cm sumbu X sebesar 0,1 dan sumbu Y 1 cm. Hasil tersebut masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan.

Kata Kunci : Kolimator, Berkas Cahaya, Sinar-X
Kepustakaan : 25 (2015-2024)

SIMILARITY TEST OF COLLIMATOR LIGHT BEAM IN X-RAY MACHINE IN RADIOLOGY INSTALLATION SELASIH HOSPITAL, PELALAWAN REGENCY

M. Syawal Syahputra1)
[1)] Awal Bros University

Email: msyawalsyahputra23@gmail.com

ABSTRACT

In the Radiology Installation there are various modalities, one of which is the X-ray machine. Each modality is required to carry out quality control to ensure that the equipment is safe to perform radiological procedures. At the Radiology Installation of Selasih Hospital, Pelalawan Regency, the last colimator suitability test was carried out in June 2022. This test must be carried out every month or after there is repair, maintenance of the canory, and adjustment of the colimator in accordance with the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No. 1250 of 2009. This research aims to ensure that the collimator functions according to the standards that have been set.

The method used is quantitative descriptive with direct observation using collimator test tools at FFD 102 cm and 150 cm with an irradiation field area of 9×12 cm. The analysis was performed by comparing the shift of the collimator light beam to the radiation beam, with a maximum tolerance limit of 2% of the FFD.

The results of the collimator light beam similarity test showed that the average shift in the FFD of 102 cm of the X axis was 0.4 cm and the Y axis was 1 cm, of the FFD of 150 cm the X axis was 0.1 and the Y axis was 1 cm. The results are still within the permissible tolerance limits.

Keywords *: Collimator, Light Beam, X-ray*
Literature *: 25 (2015-2024)*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan berbagai teknologi berbasis radiasi untuk tujuan terapeutik dan diagnostik merupakan fokus spesialisasi medis yang dikenal sebagai radiologi. Metode pencitraan dan penggunaan bahan radioaktif dalam perawatan medis merupakan contoh dari modalitas ini. Dengan demikian, radiologi berperan penting dalam proses identifikasi dan penanganan penyakit melalui pendekatan yang berbasis teknologi radiasi, serta pedoman radiologis yang mencakup pemanfaatan zat radioaktif. Radiologi diagnostik sendiri merupakan proses penggunaan sinar X untuk mendeteksi penyakit atau kelainan morfologis pada tubuh pasien. (Bapeten, 2020). Meskipun sinar-X memberikan manfaat yang signifikan, penggunaannya juga berpotensi menimbulkan risiko kesehatan baik bagi pekerja yang terpapar radiasi maupun masyarakat di sekitarnya. Paparan sinar-X yang berlangsung secara berkelanjutan dapat memicu berbagai efek negatif terhadap kesehatan, seperti kerusakan somatik pada jaringan tubuh serta mutasi genetik pada sel reproduksi (Fairusiyyah et al., 2016).

Salah satu alat yang dimanfaatkan dalam radiologi yaitu pesawat sinar-X yang dapat memancarkan sinar-X. Alat ini memancarkan gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi yang dimanfaatkan sebagai keperluan diagnosis maupun terapi. Sinar-X dengan energi rendah diserap oleh bahan, sedangkan sinar-X berenergi tinggi dapat menembus objek dan membuat gambar pada film radiografi. Jumlah penyerapan sinar-X oleh suatu material

tergantung pada ketebalan dan densitasnya, panjang gelombang sinar-X, dan konfigurasi objek dalam jalur berkas sinar-X (Fransiska et al., 2018).

Menurut Ferryadi (2017 dalam Satwika, et al 2021) bagian penting dari pesawat sinar-X yaitu *tube X-ray*. *Tube X-ray* terbentuk dari katode, anode, fokus efektif, tabung pelindung, tabung rumah, dan kolimator. *Tube X-ray* sendiri yaitu ruang vakum yang berasal dari kaca tahan panas yang menghasilkan sinar-X. Selain itu, kolimator berfungsi sebagai perangkat pembatas radiasi dalam radiografi dan memiliki dua set penutup (*shutter*) yang berhadap-hadapan untuk mengatur keluaran radiasi secara presisi. Alat ini memiliki pembatas luas lapangan sinar-X yang dapat disesuaikan, sebagai acuan dalam menetapkan titik pusat sinar-X yang dipancarkan. Pengaturan luas lapangan sinar-X pada kolimator dilakukan dengan mengoperasikan *shutter* yang bisa digerakkan dari eksternal melalui tombol yang terdapat pada *tube X-ray*. Selain itu, bentuk luas lapangan sinar-X yang diproduksi oleh kolimator bisa berupa persegi maupun persegi panjang, sesuai dengan kebutuhan prosedur radiografi.

Berdasarkan PERKABAPETEN No. 2 Tahun 2018 mengenai Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, yang selanjutnya disebut sebagai Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X, didefinisikan sebagai serangkaian pengujian yang bertujuan untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X berada dalam kondisi yang andal dan memenuhi persyaratan peraturan perundang-undangan yang berlaku, baik untuk kegiatan radiologi diagnostik maupun intervensional. Menurut Dwi (2008 dalam Martina, et al 2015) uji kesesuaian merupakan komponen fundamental dalam program

Quality Assurance (QA) radiologi diagnostik, terdiri dari sebagian tes program *Quality Assurance* (QA), terutama untuk parameter keselamatan radiasi. Memberikan diagnosis pasien yang sesuai dan presisi merupakan target utama dari Program Jaminan Kualitas di Instalasi Radiologi. Program jaminan kualitas yang komprehensif, yang dirancang sesuai dengan kebutuhan masing-masing fasilitas, mencakup tiga komponen utama, yaitu pengurangan paparan radiasi, peningkatan mutu pencitraan diagnostik, serta penerapan langkah-langkah penghematan biaya. Ketiga elemen tersebut saling terintegrasi untuk memastikan efektivitas, efisiensi, dan keselamatan dalam pelayanan radiologi.

Papp (2011, dalam Sudarsih, et al 2018) tujuan dari program pengendalian kualitas, yang merupakan komponen dari program jaminan kualitas, adalah untuk melakukan pemeliharaan teknis dan pemantauan guna mencegah penurunan kualitas *output*. Selain itu, program jaminan kualitas yang berkaitan dengan instrumen dan penggunaan pesawat termasuk program pengendalian kualitas. Uji kesamaan kolimator merupakan salah satu uji kontrol kualitas radiologi yang digunakan untuk menilai seberapa baik sinar-X sejajar dengan pusat sinar cahaya dan seberapa akurat kedua sinar tersebut mirip satu sama lain. Uji kolimator sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi dosis radiasi yang diterima pasien. Tujuan dilakukannya uji kolimator untuk memastikan bahwa area yang terpapar radiasi sesuai dengan area yang direncanakan, sehingga risiko paparan radiasi yang tidak perlu dapat diminimalkan.

Pengujian kesamaan berkas cahaya kolimator bisa dilakukan melalui beberapa cara, satu diantaranya menggunakan *collimator alignment test tool*.

Sesuai yang tercantum dalam Keputusan MENKES RI Nomor 1250 Tahun 2009 terkait Pedoman Kendali Mutu, bahwa dalam perencanaan bayangan, gambaran pertengahan lapangan sinar-X harus berada maksimum ≤2% dari FFD terhadap titik tengah penyinaran berkas cahaya kolimator.

Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan terakhir kali melakukan pengujian kesesuaian kolimasi pada bulan Juni 2022. Uji kesesuaian kolimasi lapangan dengan berkas radiasi dilakukan sebulan sekali atau setelah penyesuaian kolimator, pemeliharaan rumah tabung, dan perbaikan. Ketentuan ini merujuk pada Keputusan MENKES No. 1250 Tahun 2009 mengenai Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik. Frekuensi uji bisa disesuaikan sesuai tingkat intensitas penggunaan pesawat sinar-X. Menurut *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (2023) frekuensi pelaksanaan uji kesesuaian antara lapangan kolimasi dengan berkas radiasi dilakukan setiap tiga hingga enam bulan sekali. Karena adanya keterlambatan dalam pengujian kesamaan berkas cahaya kolimator di RSUD Selasih Kab. Pelalawan, berpotensi adanya risiko yang dapat membahayakan keselamatan pasien seperti terkenanya paparan radiasi yang tidak dibutuhkan pada area tubuh pasien yang seharusnya tidak terkena radiasi, serta dapat mengurangi keakuratan hasil radiografi dapat terganggu akibat terjadinya pergeseran berkas sinar-X, yang menyebabkan gambar menjadi terpotong (Sudarsih et al., 2018)

Berdasarkan penjelasan tersebut, peneliti bermaksud melakukan penelitian lanjutan guna mengetahui apakah terdapat pergeseran pada hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator dan apakah nilai yang diperoleh masih berada dalam batas toleransi setelah beberapa tahun tidak dilakukan pengujian. Oleh karena

itu, penelitian ini mengambil judul "Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan".

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Bagaimana hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator yang dilakukan dengan metode *collimator test tool* pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan?

1.2.2 Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1250 Tahun 2009, apakah hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada peralatan sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan masih dalam batas toleransi?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Untuk mengetahui hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan menggunakan metode *collimator test tool*.

1.3.2 Untuk mengetahui dari hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X tersebut apakah masih dalam batas toleransi atau tidak menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1250 Tahun 2009.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Diharapkan bisa mempertinggi ilmu peneliti perihal konsep QA dan QC di radiologi, khususnya mengenai prosedur uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X.

1.4.2 Bagi Rumah Sakit

Luaran penelitian ini diharapkan akan membantu menilai dalam memastikan alat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan tetap bekerja dengan baik dan sesuai standar.

1.4.3 Bagi Mahasiswa

Untuk meningkatkan pengetahuan mahasiswa Program Studi D-III Teknik Radiologi mengenai konsep QA dan QC, khususnya dalam konteks uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X.

1.4.4 Bagi Institusi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi tambahan terhadap referensi ilmiah yang berkaitan dengan kendali mutu peralatan radiologi, khususnya dalam aspek pengujian kesamaan berkas cahaya kolimator.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Teori

2.1.1 Sinar-X

2.1.1.1 Definisi Sinar-X

Sinar-X merupakan kelompok sinar elektromagnetik. Oleh karena itu, sinar-X mengikuti aturan radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik mengangkut energi melalui gelombang dan foton seperti gelombang radio, cahaya tampak, atau gelombang mikro (*microwave*). sinar-X mempunyai panjang gelombang sebagian besar berada dalam skala 0,01 nm sampai 10 nm. Sinar-X kehilangan sejumlah energi ketika melewati berbagai material. Kehilangan energi bergantung pada perilaku penyerapan material. Pengurangan energi disebabkan oleh penyerapan yang merupakan prinsip utama pencitraan sinar-X tradisional (Maier et al., 2018).

Sinar-X mempunyai berbagai manfaat dalam banyak bidang seperti kesehatan, industri, dan keamanan. Di bidang kesehatan, sinar-X digunakan untuk menelusuri penyebab dan gejala pada pasien, membantu menegakkan diagnosis penyakit, serta sebagai terapi radiasi untuk membunuh sel tumor dan kanker. Selain itu, sinar-X juga digunakan untuk mensterilkan peralatan medis (Suryani, 2018).

2.1.1.2 Proses Terjadinya Sinar-X

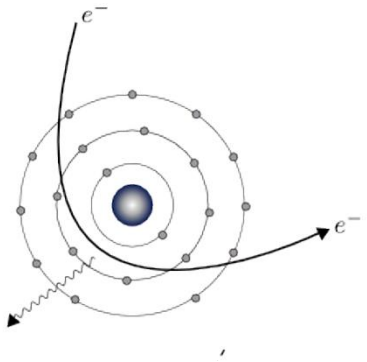
Proses pembentukan sinar-X berlangsung di internal tabung sinar-X yang merupakan ruang vakum. Menurut (Boddy dalam Susanti et al., 2022), filamen dipanaskan hingga berpijar menggunakan aliran listrik dari transformator, menghasilkan pelepasan elektron dari permukaan filamen. Elektron didorong menuju anoda dan dikonsentrasikan oleh *focusing cup* ketika disambungkan ke transformator tegangan tinggi. Dengan memberikan potensial tinggi, filamen menjadi relatif negatif terhadap target, sehingga awan elektron tiba-tiba berhenti pada target. Hanya 1% sinar-X yang dihasilkan selama proses ini, dibandingkan dengan 99% panas. Sinar-X hanya dapat keluar dari tabung melalui jendela tabung karena adanya pelindung timbal yang menahannya di dalam. Radiator pendingin digunakan untuk mengurangi panas yang dihasilkan akibat tumbukan elektron pada target.

Sinar-X karakteristik dan sinar-X *Bremsstrahlung* merupakan dua jenis peristiwa yang terjadi ketika sinar-X dihasilkan di internal tabung sinar-X.

a. Sinar-X *Bremsstrahlung*

Ketika elektron berenergi tinggi beralih dari katoda ke anoda dan berinteraksi dengan domain energi inti atom dalam bahan anoda, maka menghasilkan sinar-X kontinu atau yang disebut sinar-X *bremsstrahlung*. Medan energi nuklir akan

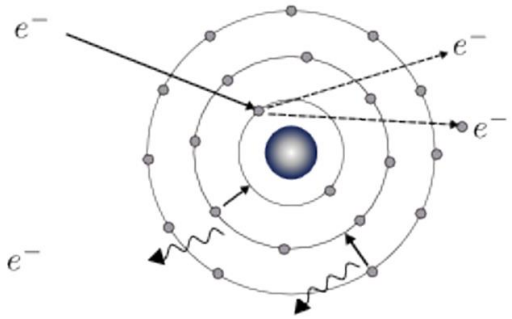
menghambat kecepatan elektron jika mereka cukup dekat dengan inti atom. *Bremsstrahlung* bersumber dari istilah *German* yang artinya pengereman, dilepaskan ketika elektron kehilangan energi dan bergeser arah akibat perlambatan ini (Gideon & Guswantoro, 2019).



Gambar 2.1 Sinar-X *Bremsstrahlung* (Maier et al., 2018)

b. Sinar-X karakteristik

Kualitas Sinar-X diskrit dihasilkan saat elektron proyektil berenergi gerak tinggi bersentuhan dengan elektron material anoda dari setiap kulit atom. Elektron proyektil perlu memiliki energi yang memadai untuk melepaskan elektron pada kulit atom tertentu dari orbitnya (eksitasi). Ketika elektron kulit atom terlepas, terjadi transisi elektron yang melepaskan energi, dikenal sebagai energi transisi (Gideon & Guswantoro, 2019).



Gambar 2.2 Sinar-X Karakteristik (Maier et al., 2018)

2.1.2 Pesawat Sinar-X

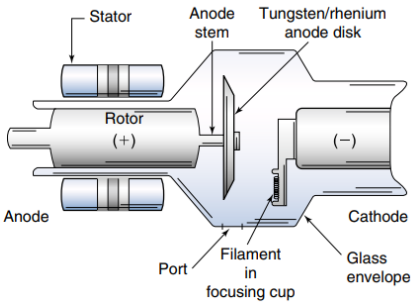
Peralatan yang memproduksi gelombang elektromagnetik (sinar-X) frekuensi tinggi sebagai aplikasi medis dan diagnostik disebut pesawat sinar-X. Sinar-X berenergi rendah diabsorpsi oleh zat, tetapi sinar-X berenergi tinggi dapat menembus material dan menghasilkan gambar pada kaset radiografi. Ketebalan dan densitas material, susunan benda searah berkas sinar-X, dan panjang gelombang sinar-X memengaruhi seberapa banyak sinar tersebut diserap oleh suatu zat (Fransiska et al., 2018).

Tabung sinar-X, unit kontrol, dan sumber tegangan tinggi (HV) merupakan tiga komponen utama mesin sinar-X. Unit kontrol mengatur daya yang disuplai oleh sumber tegangan tinggi ke tabung sinar-X, sehingga tabung bisa memancarkan sinar-X. Tabung sinar-X sendiri terdiri atas katoda, anoda, dan target yang dilapisi dengan selubung kaca atau bahan lain. Rumah tabung yang terbuat dari logam berperan sebagai pelindung selubung tabung. Di antara rumah tabung dan selubung, terdapat cairan isolator yang berfungsi sebagai pendingin sekaligus mencegah terjadinya kontak listrik (Suroso et al., 2017). Selain itu,

terdapat pula bagian tambahan pada tabung sinar-X, seperti filter dan kolimator.

2.1.2.1 Tabung Sinar-X (*Tube X-ray)*

Tube X-ray ialah bagian utama dari pesawat sinar-X, karena di dalam tabung inilah sinar-X diproduksi (Fauber, 2017). Dua elektroda (katoda dan anoda), generator tegangan tinggi, jendela, dan sumber daya tegangan rendah membentuk tabung sinar-X. Filamen, juga dikenal sebagai katode, memanas secara termal dan melepaskan elektron ketika digerakkan oleh sumber tegangan rendah. Elektron dipercepat menuju anoda oleh generator tegangan tinggi, yang menerapkan tegangan kilovolt atau lebih antara anoda dan katode. Anoda dibombardir oleh elektron proyektil, kadang-kadang dikenal sebagai berkas elektron, yang bersinggungan dengan atom-atom pada permukaan material anoda. Ketika elektron menabrak anoda, energi kinetiknya dilepaskan. Sekitar 99% energi kinetik elektron diubah menjadi panas yang terbentuk di anoda, dengan 1% sisanya diubah menjadi energi sinar-X. (Gideon & Guswantoro, 2019).



Gambar 2.3 Tabung sinar-X (Fauber, 2017)

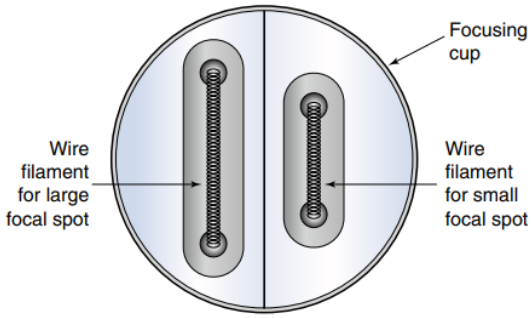
a. Rumah Tabung (*Tube Housing*)

Rumah tabung (*tube housing*) merupakan komponen yang dibutuhkan untuk membuat sinar-X yang terbuat dari pelindung kaca atau logam. *Cover* logam lebih banyak digunakan karena sifat listriknya yang lebih baik dan mengurangi radiasi di luar fokus. Radiasi di luar fokus terbentuk ketika elektron proyektil dipantulkan, menghasilkan sinar-X yang berasal dari luar titik fokus. Selain itu, *cover* logam melakukan dua peran tambahan yaitu menghindari sengatan listrik (yang dapat terjadi karena katode dan anoda memiliki muatan listrik) dan menghilangkan panas dalam tabung dengan mengalirkannya ke minyak isolasi yang mengelilingi selubung. Rumah tabung logam mengelilingi semua komponen ini, kecuali port atau jendela, yang memungkinkan sinar primer keluar dari tabung. Rumah tabung harus dilapisi dengan timah untuk memberikan perlindungan tambahan dari kebocoran radiasi, yang mengacu pada sinar-X apa pun selain sinar primer, yang keluar dari rumah tabung. Pada jarak 1 m dari sumber, rumah tabung harus memiliki tingkat radiasi kebocoran yang tidak lebih dari 100 mR/jam (Fauber, 2017).

b. Katoda

Katoda tabung sinar-X adalah elektroda yang bermuatan negatif. Katoda ini terdiri dari filamen dan *focusing cup*. Filamen merupakan kawat tungsten melingkar, yang merupakan sumber

elektron selama produksi sinar-X. Sebagian besar tabung sinar-X biasanya memiliki dua filamen, satu besar dan satu kecil, hanya satu filamen yang diberi energi selama produksi sinar-X. Jika radiografer memilih titik fokus besar saat mengatur panel kontrol, filamen besar akan diberi energi, dan jika radiografer memilih titik fokus kecil, filamen kecil akan diberi energi. Sebagian besar tabung sinar-X disebut sebagai tabung fokus ganda. *Focusing cup* terbuat dari nikel yang hampir mengelilingi filamen. *Focusing cup* ini memiliki muatan negatif, yang mencegah awan elektron yang dipancarkan dari filamen untuk menyebar. Oleh karena itu, salah satu ujungnya terbuka memungkinkan elektron mengalir bebas melalui tabung dari katoda ke anoda. Tujuannya adalah untuk membuat aliran elektron terkonsentrasi (Fauber, 2017).

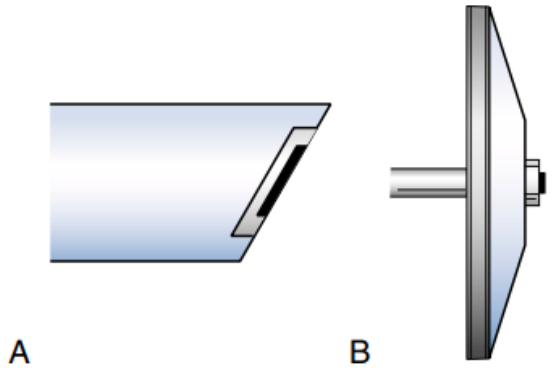


Gambar 2.4 katoda (Fauber, 2017)

c) Anoda

Anoda ialah *electrode* memiliki muatan positif yang tersusun atas material seperti molibdenum, tembaga, tungsten, dan grafit. Pemilihan material tersebut didasarkan pada karakteristik konduktivitas termal dan listrik yang tinggi. Terget merupakan

logam yang secara tiba-tiba memperlambat dan menghentikan elektron dalam arus tabung, yang memungkinkan produksi sinar-X. Terdapat dua tipe anoda yang umum digunakan, yakni anoda tetap (stasioner) dan anoda berputar (*Rotating anode*). Anoda berputar terdiri dari campuran renium dan tungsten. Selama produksi sinar-X, tabung anoda harus berputar dengan stator dan rotor. Stator merupakan motor listrik yang memutar rotor dengan kecepatan yang sangat tinggi. Sedangkan Rotor (terbuat dari tembaga) terhubung secara kaku ke target melalui batang anoda (terbuat dari molibdenum), yang menyebabkan target berputar cepat (Fauber, 2017).

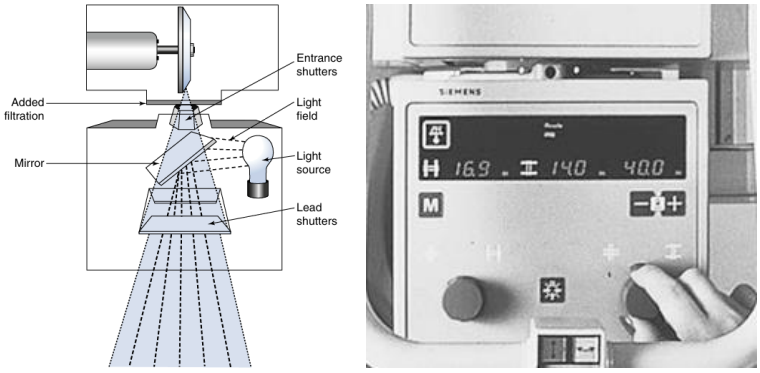


Gambar 2.5 (**A**) Anoda diam, (**B**) Anoda putar (Fauber, 2017)

2.1.2.2 Kolimator

Kolimator merupakan alat pembatas berkas yang paling umum dan canggih untuk radiografi. Kolimasi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan pembatasan berkas yang dilakukan dengan menggunakan kolimator. Kolimator memiliki dua atau tiga set *shutter* utama. *Shutter* utama seperti diafragma bukaan, membatasi berkas sinar-X tepat di bawah jendela tabung.

Satu atau beberapa set *shutter* utama yang bisa diatur terletak di bawah tabung, dengan jarak sekitar 8–18 cm. *Shutter* ini tersusun dari bilah longitudinal dan lateral, tiap-tiap dapat dikontrol secara terpisah. Meskipun bentuk bidang akhir selalu persegi atau persegi panjang, desain ini memungkinkan terciptanya bidang proyeksi dengan berbagai ukuran, sehingga kolimator dapat disesuaikan. Untuk memproyeksikan bidang cahaya ke pasien, kolimator juga dilengkapi cermin dan sumber cahaya putih. Tujuan cahaya ini adalah untuk mengarahkan secara tepat lokasi proyeksi berkas sinar-X (Fauber, 2017).



Gambar 2.6 Kolimator (Fauber, 2017)

Sangat penting untuk memperhatikan ketidaksesuaian posisi berkas sinar-X pada kolimator karena dapat berdampak pada kualitas gambar radiografi dan keselamatan pasien. Menurut Sudarsih et al (2018) pergeseran atau ketidaksesuaian dalam luas lapangan berkas Sinar-X pesawat Sinar-X dapat disebabkan oleh kondisi *shutter* kolimator yang buruk. Ini terjadi saat penutupan kolimator atau ketika mengarahkan luas lapangan, menyebabkan

kolimator menjadi tidak simetris atau ketidaksejajaran antara kiri dan kanan.

2.1.2.3 Kontrol Panel

Menurut Bushong (2017) kontrol panel merupakan salah satu bagian utama dalam sistem pencitraan sinar-X yang sangat dikenal oleh radiografer. Panel ini memungkinkan radiografer untuk mengatur tegangan tabung sinar-X sehingga kuantitas dan kualitas berkas sinar-X yang dihasilkan dapat disesuaikan. Kontrol panel biasanya untuk mengatur berbagai parameter yang diperlukan selama pemeriksaan radiologi. Parameter tersebut diantaranya:

a) *Kilovoltage Page* (kVp)

KVp memengaruhi paparan IR karena mengubah jumlah dan kemampuan penetrasi berkas sinar-X. Area yang diinginkan harus ditembus secara memadai sebelum mAs dapat disesuaikan untuk menghasilkan citra radiografi yang berkualitas. Setelah penetrasi yang memadai, peningkatan kVp menghasilkan lebih banyak radiasi yang mencapai sinar-X. Selain memengaruhi jumlah paparan radiasi IR, kVp juga memengaruhi kontras citra (Fauber, 2017).

b) *Milliampere Second* (mAs)

Hasil kali *miliampere* dan waktu paparan berkorelasi dengan jumlah sinar-X yang diproduksi. Paparan sinar-X akan meningkat sebanding dengan jumlah sinar-X setelah

bagian anatomi ditembus secara menyeluruh. Sebaliknya, ketika jumlah sinar-X berkurang, paparan sinar-X akan berkurang. Akibatnya, paparan *image receptor* dapat ditingkatkan atau dikurangi dengan mengubah jumlah radiasi (mAs) (Fauber, 2017).

Untuk menghasilkan gambar diagnostik yang baik, radiografer harus menentukan level mAs yang tepat. Jika mAs terlalu rendah (paparan rendah terhadap IR digital), kecerahan gambar dapat diubah selama pemrosesan komputer untuk mencapai tingkat yang diinginkan. Namun, peningkatan noise kuantum dalam gambar mungkin terlihat bahkan setelah menyesuaikan level kecerahan. Jika mAs yang dipilih terlalu tinggi (paparan tinggi terhadap IR digital), kecerahan juga dapat disesuaikan, tetapi pasien akan menerima lebih banyak radiasi daripada yang diperlukan (Fauber, 2017).

2.1.2.4 Meja Pemeriksaan (*Bucky Table*)

Menurut Rahmat, et al (2022) meja radiologi merupakan bagian dari sistem alat radiologi secara keseluruhan. Tidak seperti meja biasa, meja radiologi memiliki beberapa fungsi tertentu, seperti kemampuan *sliding*. Pergerakan meja pasien dapat dilakukan ke arah kepala dan kaki (maju-mundur) maupun ke kanan dan kiri (*sliding*). Terdapat juga jenis meja pemeriksaan *fluoroscopy*. Selain itu, terdapat pula meja

pemeriksaan khusus untuk fluoroskopi yang dapat bergerak mengikuti objek yang diperiksa, sehingga memungkinkan visualisasi objek secara optimal. Di instalasi radiologi, tiga sistem pergerakan meja *fluoroscopy* berbeda digunakan untuk melakukan pemeriksaan pasien.

a) Yang pertama adalah gerak meja *tilting*, yang berarti bahwa meja radiologi berputar 90 derajat searah jarum jam.
b) Yang kedua adalah gerak meja *Treundelenberg*, yang berarti bahwa meja pasien berputar 18–20 derajat berlawanan jarum jam.
c) Yang terakhir adalah gerak *sliding*, bergeraknya meja pasien ke arah kepala dan kaki, juga dikenal sebagai pergerakan maju dan mundur, dan juga bergerak ke kanan dan ke kiri.

2.1.2.5 Sistem Pencitraan Digital

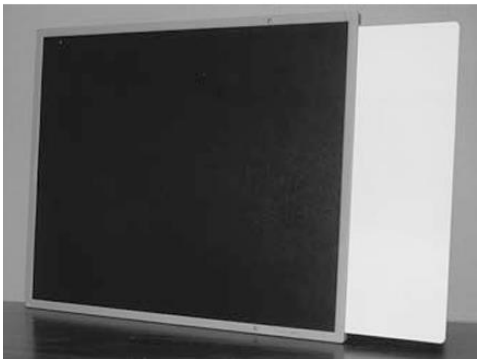
Computed radiography (CR) dan *direct radiography* (DR) merupakan dua jenis *image receptor* digital yang paling umum digunakan. Jenis IR masing-masing memiliki struktur dan metode untuk mendapatkan gambar laten. Namun, pemrosesan dan tampilan gambar pada dasarnya sama terlepas dari jenis IR yang digunakan.

a. *Computed Radiography* (CR)

Image receptor pada CR merupakan *imaging plate* yang terdapat di dalam kaset yang dapat dipindahkan atau dipasang pada *bucky table* dan *bucky stand*. Sebagian energi

yang diserap dilepaskan sebagai cahaya tampak (luminesensi), tetapi fosfor menyimpan jumlah energi yang cukup untuk menghasilkan gambar laten. Luminesensi merupakan fenomena di mana cahaya dilepaskan oleh radiasi. IP biasanya terdiri dari lapisan pelindung, fosfor, dan lapisan pendukung. Lapisan fosfor juga dikenal sebagai *photostimulable phosphor* (PSP).

Pencitraan CR membutuhkan proses akuisisi gambar dalam dua tahap yaitu penangkapan gambar di IP dan pembacaan gambar. Di PSP, citra laten terbentuk ketika fosfor menyerap intensitas sinar-X keluar dan atom *europium* terionisasi oleh efek fotolistrik. Beberapa elektron yang tereksitasi ini segera kembali ke keadaan normalnya, dan kelebihan energi dilepaskan sebagai cahaya tampak. Sebagian elektron tetap dalam keadaan energi yang lebih tinggi ini hingga dilepaskan selama tahap pembacaan pemindaian sinar laser. Data citra, atau energi yang dilepaskan, diambil dari reseptor digital, diubah menjadi data digital, dan kemudian diproses oleh komputer untuk menampilkan gambar (Fauber, 2017).



Gambar 2.7 *Imaging plate* yang terdapat di dalam CR (Fauber, 2017)

b. *Direct Radiography* (DR)

Sistem *direct radiography* yang biasa disebut dengan *Digital Radiography* (DR) atau *Direct Digital Radiography* (DDR) merupakan jenis pencitraan radiografi digital yang menggunakan *flat-panel detectors* (FPDs) sebagai *image receptor* (Lampignano & Kendrick, 2018). Mekanisme pembacaan pemindaian mandiri *image receptor* DR menggunakan sejumlah detektor sinar-X yang menerima radiasi sinar-X dan mengubah intensitas radiasi menjadi sinyal elektronik proporsional untuk digitalisasi. Berbeda dengan CR, yang memerlukan proses akuisisi gambar dua langkah dan menghasilkan waktu yang lebih lama antara pengambilan gambar dan pembacaan gambar, pencitraan DR menggabungkan kedua proses tersebut. Hasilnya, gambar DR tersedia dalam waktu yang relatif singkat setelah paparan. Tetapi reseptor DR lebih mahal dan lebih rapuh daripada CR.

Gambar 2.8 *Flat-Panel Detectors* (Lampignano & Kendrick, 2018)

2.1.3 *Quality Control* (QC)

Penggunaan peralatan medis yang aman dan efisien yang memancarkan radiasi pengion memerlukan pemantauan kinerjanya. Dimulai dengan kendali mutu (QC) dasar, proses ini berkembang menjadi sistem manajemen kualitas yang luas yang mencakup semua aspek perawatan pasien. Kendali mutu (QC) merupakan tingkat paling dasar dari manajemen kualitas, dan mencakup serangkaian tindakan yang digunakan untuk mempertahankan atau meningkatkan kualitas. QC dapat memberikan gambaran cepat tentang atribut kinerja produk atau layanan. QC dapat digunakan untuk mengonfirmasi bahwa produk atau layanan memenuhi standar yang diperlukan untuk menjamin praktik yang optimal (IAEA, 2023).

Fitur atau komponen teknis sistem sinar-X dipantau (atau diuji) dan dipelihara melalui penggunaan teknik kendali mutu. Kendali Mutu (QC) biasanya merupakan komponen dari program Jaminan Mutu (QA). Oleh sebab itu, pendekatan QC termasuk bagian dari program QA yang menangani instrumen dan peralatan secara langsung menangani

peralatan yang mungkin memengaruhi kualitas gambar (Ismail et al., 2015).

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Pengendalian Mutu Peralatan Radiodiagnostik, Pengendalian Mutu mencakup semua peralatan yang digunakan dalam diagnostik manusia, termasuk pesawat mobile tanpa fluoroskopi dan pesawat sinar-X diagnostik tetap (stasioner). Kamar gelap, transmisi film, perangkat proteksi radiasi, kaset, layar penguat, film radiografi, dan *viewing box* merupakan contoh fasilitas penunjang yang termasuk dalam kategori ini.

Menurut Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009, salah satu kegiatan QC pada pesawat sinar-X adalah pengujian tabung kolimasi, yang meliputi pemeriksaan iluminasi lampu kolimator, uji efisiensi celah (*shutter*), serta kesesuaian antara berkas cahaya dan berkas sinar-X.

2.1.4 Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator

Kegiatan kendali mutu pesawat sinar-X terhadap uji kesamaan berkas cahaya kolimasi merupakan salah satu kegiatan yang dijabarkan dalam beberapa kategori dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Pengawasan Mutu Peralatan Radiodiagnostik. Uji ini bertujuan untuk menilai tingkat akurasi kesesuaian antara berkas sinar-x dengan berkas cahaya, serta mengevaluasi ketepatan pusat berkas sinar-x terhadap pusat berkas cahaya.

2.1.4.1 Frekuensi Uji

Berdasarkan Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009, pengujian kesamaan berkas cahaya kolimator dilakukan satu bulan sekali atau setelah dilakukan perbaikan atau perawatan rumah tabung dan kolimator. Sementara itu, menurut *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (2023), frekuensi pengujian yang disarankan adalah setiap 3 hingga 6 bulan.

2.1.4.2 Nilai Standar Toleransi

X1+X2≤2% Y1+Y2≤2% dari FFD merupakan batas toleransi baku untuk uji kesamaan berkas cahaya kolimator, sebagaimana Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tentang standar pengendalian mutu peralatan radiodiagnostik. Berdasarkan *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (2023) nilai standar toleransi uji kesamaan berkas cahaya kolimator yaitu ±2% dari SID (*Source Image Distance*).

2.1.4.3 Prosedur Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator

A. Uji kesamaan berkas cahaya kolimator metode *Collimator test tool* berdasarkan Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 dilakukan dengan cara sebagai berikut:
    a) Meletakkan kaset berukuran 24x30 cm pada permukaan datar.
    b) Memastikan anoda dan katoda sejajar dengan kaset.
    c) Memusatkan tabung sinar-X di tengah kaset dan mengatur FFD pada 100 cm.

d) Menempatkan *collimator test tool* di tengah kaset.
e) Mengatur cahaya kolimator sesuai area persegi panjang pada *plat test tool*.
f) Menghidupkan lampu kolimator dan menyesuaikan luas lapangan cahaya dengan garis persegi panjang pada permukaan *plat test tool*.
g) Melakukan eksposi radiografi untuk memperoleh densitas optis pada film.
h) Memproses film di kamar gelap dan memeriksa kesesuaian antara berkas cahaya dan berkas sinar-X.
i) Mengulangi prosedur untuk ukuran focal spot yang berbeda.

B. Uji kesamaan berkas cahaya kolimator menurut *International Atomic Energy Agency* (IAEA) menggunakan objek uji komersial. Cara pengujiannya sebagai berikut:
a) Tempatkan *image receptor* pada permukaan datar dan atur sumbu tabung sinar-X tegak lurus terhadap gambar.
b) Posisikan objek uji pada detektor gambar dengan silinder di tengah garis bidik berkas cahaya.
c) Atur jarak *source to image distance* (SID) menjadi 100 cm. SID yang berbeda juga dapat digunakan, tetapi lebih mudah untuk menginterpretasikan hasilnya jika digunakan 100 cm.

d) Gunakan bidang cahaya dan tanda pada objek uji untuk penyelarasan bidang cahaya yang akurat.

e) Lakukan paparan menggunakan parameter paparan 50 kV dan 3 mAs atau nilai yang direkomendasikan oleh fisikawan medis

C. Uji kesamaan berkas cahaya kolimator menurut *International Atomic Energy Agency* (IAEA) menggunakan menggunakan koin. Cara pengujiannya sebagai berikut

a) Tempatkan image receptor pada permukaan datar dan atur sumbu tabung sinar-X tegak lurus terhadap gambar.

b) Posisikan detektor gambar pada SID 100 cm.

c) Kolimasikan berkas cahaya ke bidang kecil pada detektor gambar (misalnya 20 cm × 20 cm). Area penerima gambar harus lebih besar dari bidang cahaya.

d) Letakkan penanda logam (misalnya koin) di setiap tepi bidang cahaya; tandai sudut bidang cahaya dengan koin.

e) Lakukan paparan menggunakan parameter paparan 50 kV dan 3 mAs atau nilai yang direkomendasikan oleh fisikawan medis.

D. Uji kesamaan berkas cahaya kolimator menurut Metaningrum & Putro (2023) dengan cara metode kawat “L”. Cara pengujiannya sebagai berikut:

a) Gunakan alat bantu yang disebut *waterpass* untuk memastikan permukaan meja pemeriksaan benar-benar horizontal.
b) Letakkan kaset CR berukuran 35 x 43 cm di atas meja pemeriksaan
c) Arahkan tabung sinar-X tegak lurus terhadap meja pemeriksaan.
d) Atur SID setinggi 100 cm.
e) Pada pengujian pertama, luas bidang kolimasi ditetapkan sebesar 10 cm x 10 cm, pada pengujian kedua ditetapkan sebesar 15 x 15 cm, dan pada pengujian ketiga ditetapkan sebesar 20 cm x 20 cm.
f) Setelah memposisikan penanda R di sudut kanan bawah kaset CR yang terkena cahaya kolimasi, keempat kabel "L" diposisikan di setiap sudut bidang kolimator.
g) Tentukan faktor eksposi sebesar 50 kV dan 3 mAs.
h) Pastikan tidak ada orang di dalam ruangan. Selanjutnya, lakukan eksposi.
i) Untuk memastikan visibilitas dari keempat kawat “L”, tanpa menyentuh kaset dan kawat maka luas lapangan diperbesar sebesar 15 cm x 15 cm pada pengujian pertama, diperbesar sebesar 20 cm x 20 cm pada pengujian kedua, dan diperbesar sebesar 25 cm x 25 cm pada pengujian ketiga.

j) Lakukan ekposi yang kedua dengan faktor eksposi yang sama.

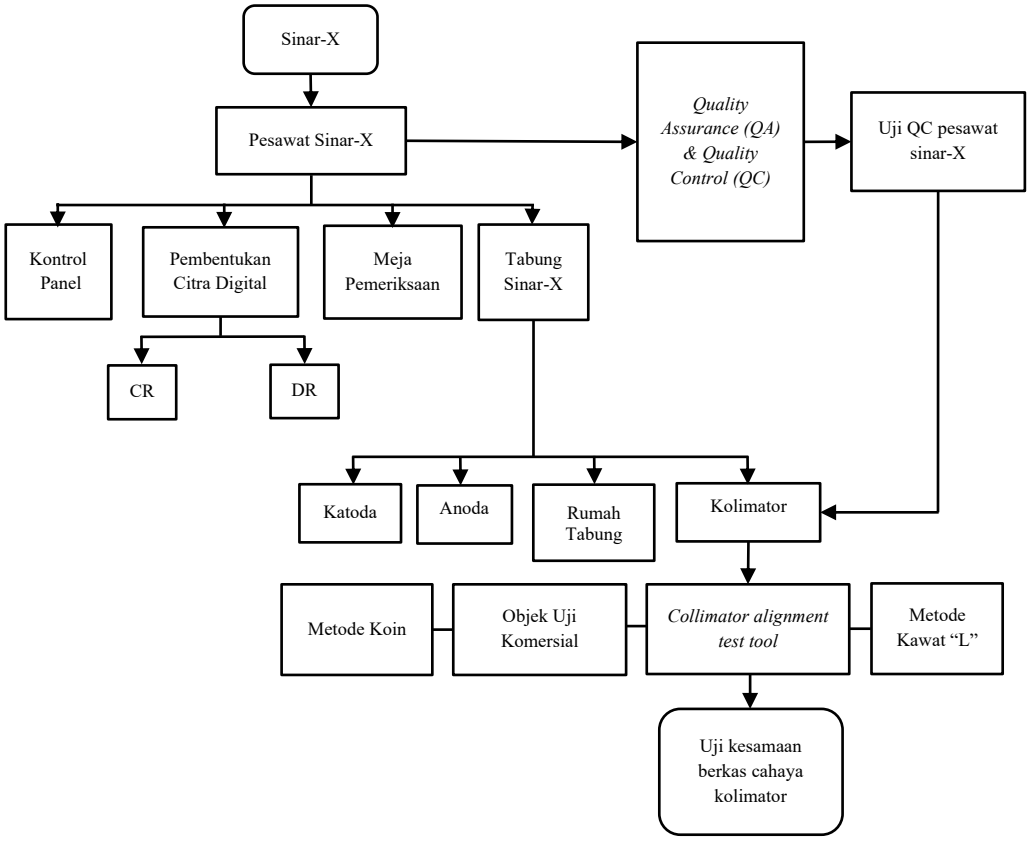
k) Agar radiograf dapat ditampilkan di komputer, kaset CR dimasukkan ke *Reader Plat Imaging*.

l) Lakukan pengukuran pada kawat “L” terhadap uji kolimasi pada lapangan kolimator dengan keluaran lapangan sinar-X pada radiograf yang telah muncul di komputer.

m) Catat hasil pengukuran.

n) Analisa data pengukuran

2.2 Kerangka Teori



Gambar 2.9 Kerangka Teori

2.3 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terkait

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Perbedaan	Persamaan	Hasil
1	Rohmawati Metaningrum dan Wahyu Murti Cahyo Putro	2023	Uji Kesesuaian Lapangan Kolimasi dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Sinar-X di RSIY PDHI	Prosedur pengujian yang digunakan yaitu dengan metode koin dan metode kawat "L" pada Kolimator pesawat sinar-X	Menguji kesesuaian lapangan kolimasi dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X	Hasil dari penelitian yang mengguna kan metode koin maupun metode kawat "L" adalah terjadinya pergeseran melebihi nilai batas toleransi yang ditetapkan
2	Chairun Nisa, Untoro Heri Saputro, Noviardi Prima Putra, Dipnola, Safira Annazifa	2023	Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Pesawat Sinar-X	Pengguna an kaset dan film sebagai *image receptor*	Pengujian mengguna kan metode *collimator aligment test tool*	Hasil dari penelitian ini terdapat pergeseran kolimasi di luar batas toleransi.
3	Salsabila Nazwa Maharani	2024	Uji Kesesuaian Lapangan Kolimator pada Pesawat Sinar-X Konvensio nal di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Indriati Solo Baru	Pada pengguna an FFD 100 cm.	Mengguna kan metode *collimator aligment test tool* dan penggunaa n *digital radiograp hy* (DR) sebagai *image receptor*	Hasil dari penelitian ini adalah pergeseran masih dalam batas toleransi yang ditetapkan Perka Bapeten No. 02 Tahun 2022.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode observasional. Pendekatan ini bertujuan agar mendeskripsikan, meneliti, serta menjelaskan fenomena yang dapat diamati tanpa melakukan pengujian hipotesis tertentu. Dengan kata lain, penelitian deskriptif kuantitatif hanya bertujuan untuk menggambarkan variabel-variabel yang diteliti melalui data numerik yang diperoleh di lapangan (Sulistyawati et al., 2022).

Tujuan utama penelitian ini adalah agar mengetahui apakah terdapat penyimpangan pada berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan. Dengan cara observasi langsung dan melakukan pengujian di lapangan untuk mengukur pergeseran berkas cahaya kolimator secara numerik dan hasil dari perhitungan tersebut dideskripsikan kemudian menarik kesimpulan atas fenomena yang diamati menurut Keputusan KEMENKES Nomor 1250 tahun 2009.

3.2 Populasi dan Sampel

3.2.1 Populasi

Seluruh unit kolimator yang terpasang pada peralatan sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan menjadi populasi penelitian.

3.2.2 Sampel

Unit kolimator pesawat sinar-X yang beroperasi di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan dijadikan sebagai sampel penelitian.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung pada bulan Mei sampai Juni 2025.

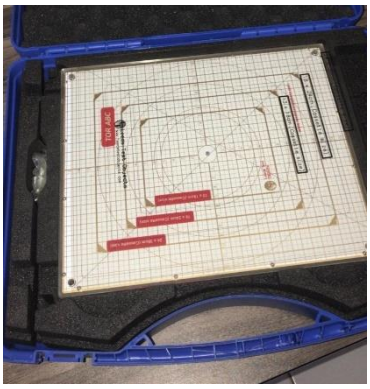
3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian terdiri atas beberapa perangkat dan alat bantu yang mendukung proses pengumpulan data, sebagaimana dijelaskan yaitu:

1) Pesawat Sinar-X
   a. Merek : Philips
   b. No. Seri : 247648
   c. kV *max* : 150 kVp

Gambar 3.1 Pesawat Sinar-X DR (Sumber Dokumentasi Pribadi)

2) *Collimator alignment test tool*



Gambar 3.2 Alat Uji Kolimator (Sumber Dokumentasi Pribadi)

3) *Waterpass*

Gambar 3.3 *Waterpass* (Sumber Dokumentasi Pribadi)

4) *Computer Console*

Gambar 3.4 *Computer Console* (Sumber Dokumentasi Pribadi)

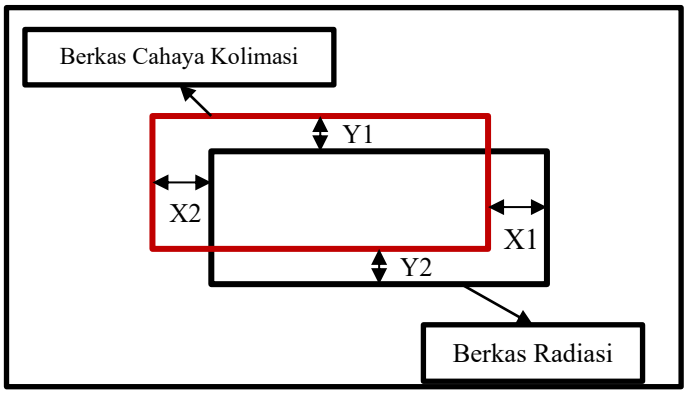
3.5 Prosedur Penelitian

a. Menyiapkan peralatan dan bahan.
b. Pastikan pesawat sinar-X DR kondisi hidup.
c. Atur tabung sinar-X secara vertikal dan sejajarkan dengan detektor. Letakkan *waterpass* di atas detektor untuk mengukur kesejajaran detektor.
d. Memusatkan cahaya kolimasi secara tegak lurus di tengah detektor, serta mengatur jarak *focus film distance* (FFD) pada 102 cm dan 150 cm
e. Letakkan *collimator test tool* secara tepat di tengah permukaan detektor.
f. Aktifkan lampu kolimator, kemudian atur luas bidang pencahayaan agar tepat pada garis batas persegi panjang yang terdapat pada permukaan pelat (panjang 9 cm dan lebar 12 cm).
g. Atur faktor eksposi kV 105 dan mAs 0,6 pada FFD 102 cm dan 150 cm, dilakukan hingga tiga kali pengujian.

Tabel 3.1 Pengukuran Faktor Eksposi

FFD	kV	mAs	Pengujian
102 cm	105	0,6	3 kali
150 cm	105	0,6	3 kali

h. Lakukan pengukuran dan pencatatan terhadap perubahan skala lapangan radiasi yang terlihat pada hasil citra di *Computer Console* menggunakan aplikasi bawaan dari pesawat DR.

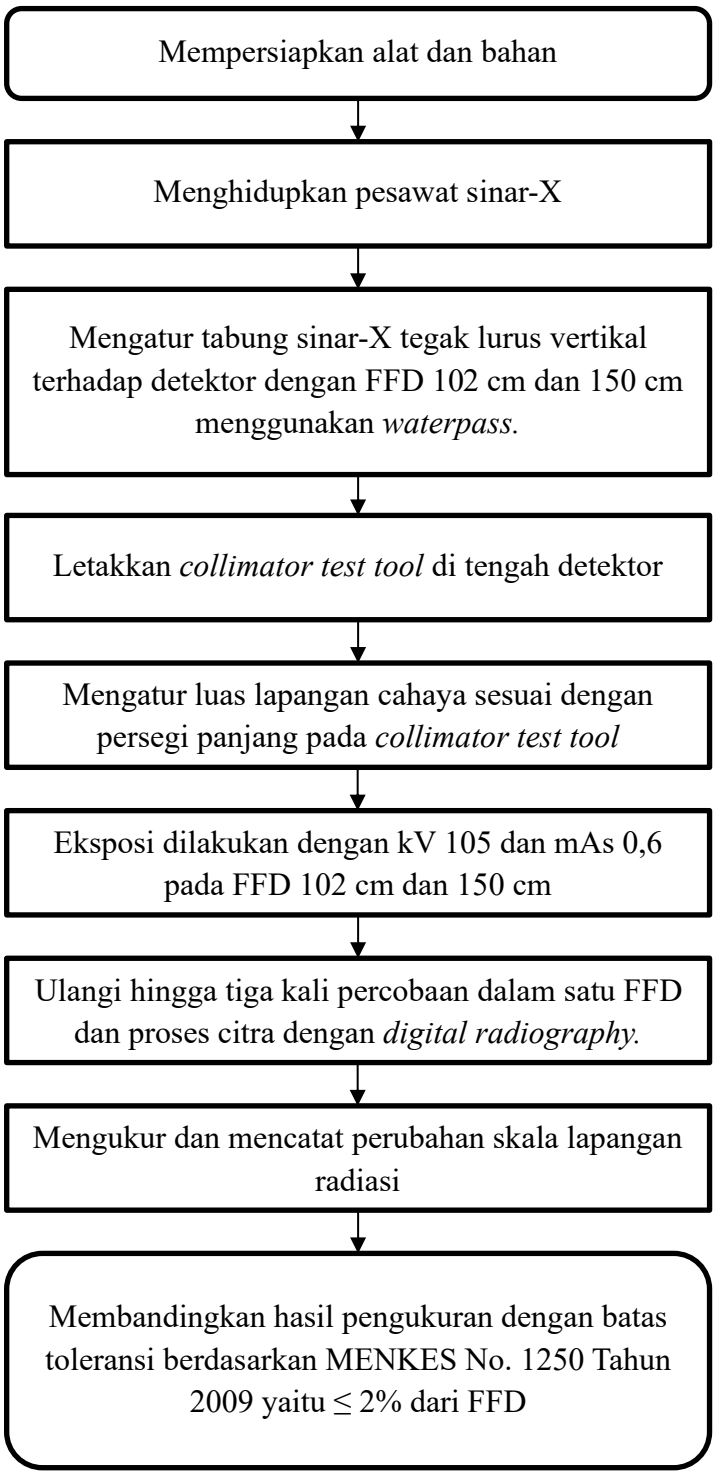


Gambar 3.5 Ilustrasi pengukuran luas lapangan

i. Membandingkan hasil pengukuran dengan batas toleransi kesamaan berkas cahaya kolimator sesuai standar KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, menerapkan rumus:

$$X1+X2 \leq 2\% \text{ dari FFD}$$
$$Y1+Y2 \leq 2\% \text{ dari FFD}$$

3.6 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alur Penelitian

3.7 Metode Pengumpulan Data

a. Observasi

Untuk mengumpulkan informasi tentang hasil pengujian kesamaan berkas cahaya kolimator pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan, dilakukan observasi dengan cara pengamatan langsung dan pengujian pada mesin sinar-X.

b. Pengukuran

Di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan, peneliti melakukan pengukuran langsung hasil uji kesesuaian berkas cahaya kolimator pada peralatan sinar-X.

c. Dokumentasi

Peneliti mendokumentasikan seluruh hasil penelitian uji kesamaan berkas cahaya kolimator pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan.

3.8 Analisis Data

Perolehan data hasil pengukuran dianalisis berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Parameter acuan dalam pengujian ini merujuk pada ketentuan yang tercantum dalam Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009. Perhitungan uji kesesuaian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X dilakukan dengan menerapkan rumus sebagai berikut:

$$X1+X2 \leq 2\% \text{ dari FFD}$$
$$Y1+Y2 \leq 2\% \text{ dari FFD}$$

Keterangan :

X1+X2 : Perbedaan skala lapangan antara berkas cahaya kolimasi dan berkas radiasi sinar-X diukur pada sisi kanan dan kiri bidang penyinaran.

Y1+Y2 : Perbedaan skala lapangan antara berkas cahaya kolimasi dan berkas radiasi sinar-X diukur pada sisi bawah dan atas bidang penyinaran.

FFD : Jarak antara *focus* dengan *detector*

Kolimator dinyatakan baik jika lapangan sinar-X persis berada pada garis tepi *plat test tool* atau dalam batas toleransi ≤ 2% FFD. Pesawat sinar-X dinyatakan layak apabila memenuhi standar yang berlaku. Namun, apabila hasil pengujian menunjukkan nilai di atas batas toleransi, maka pesawat sinar-X tersebut memerlukan perbaikan segera.

.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X dilakukan di RSUD Selasih Kab. Pelalawan. Penulis melakukan pengujian pada tanggal 3 Juni 2025 dengan melakukan tiga kali pengeksposan pada masing-masing FFD yaitu 102 cm dan 150 cm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pesawat sinar-X dengan merk Philips, nomor seri 247648, kondisi kV max 150 kVp dan mA 630.

Pada penelitian ini, setiap variasi FFD yang diterapkan disesuaikan dengan faktor eksposi pada modalitas yang dipakai, dengan pengaturan tegangan tabung sebesar 105 kV dan arus 0,6 mAs. Peraturan Menteri Kesehatan No. 1250 Tahun 2009, yang mengatur pengendalian mutu Peralatan Radiodiagnostik, mengatur pengujian berkas cahaya kolimator pada peralatan sinar-X ini. Berikut adalah hasil penerapan kedua versi FFD tersebut.

Gambar 4.1 Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan (Sumber Dokumentasi Pribadi)

4.1.1 Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator dengan Berkas Sinar-X

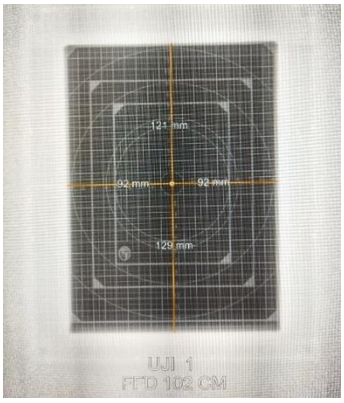
Telah dilakukan uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan. Pengujian dilakukan dengan menyiapkan pesawat sinar-X dan memastikan alat dalam kondisi baik, mengatur tabung sinar-X secara vertikal dengan disejajarkan detektor menggunakan *waterpass*, mengatur FFD pada jarak 102 cm 150 cm, meletakkan *collimator test tool* secara tepat di tengah permukaan detektor, atur luas bidang pencahayaan agar sesuai dengan batas tepi plat (panjang 9 cm dan lebar 12 cm), lakukan eksposi sinar-X, bandingkan hasil pengukuran dengan standar yang ditentukan oleh MENKES RI No.1250 Tahun 2009, hitung rata-rata pergeseran. Perbedaan antara pergeseran medan cahaya kolimator dan medan sinar-X yang dideteksi oleh instrumen uji kolimator digunakan untuk menghitung temuan pengukuran.

4.1.1.1 Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada FFD 102 cm

1) Uji pertama pada FFD 102 cm

Pengujian dilakukan dengan mengatur tabung sinar-X secara vertikal dengan disejajarkan detektor, atur FFD 102 cm dan letakkan *waterpass* pada permukaan detektor. Letakkan *collimator test tool* secara tepat di tengah permukaan detektor, atur luas bidang pencahayaan agar sesuai dengan batas tepi plat (panjang 9 cm dan lebar 12 cm), lakukan eksposi sinar-X.

Gambar berikut menunjukkan hasil radiograf dari pengujian pertama menggunakan FFD 102 cm.



Gambar 4.2 Hasil Uji 1 pada FFD 102 cm

Pada gambar 4.2 dilakukan pengujian pertama kesamaan berkas cahaya kolimator pada FFD 102 cm. Terdapat perpindahan antara alat uji kolimator dengan berkas sinar-X pada setiap sisinya. Tabel berikut menampilkan data pengukuran pertama untuk FFD 102 cm:

Tabel 4.1 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji pertama FFD 102 cm

Uji	*Milimeter* (mm)				*Centimeter* (cm)			
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
1	92	92	121	129	9,2	9,2	12,1	12,9

Pada tabel 4.1 hasil pergeseran luas lapangan sinar-X yang didapat dalam satuan mm dikonversi menjadi satuan cm agar memudahkan dalam perhitungan pergeseran sesuai panduan.

Tabel 4.2 Hasil Uji pertama FFD 102 cm

Sumbu	Luas Lapangan Kolimasi (cm)	Luas Lapangan Sinar-X (cm)	Nilai Selisih (cm)
X1	9	9,2	0,2
X2	9	9,2	0,2
Y1	12	12,1	0,1
Y2	12	12,9	0,9

Sesuai pada tabel 4.2 terdapat selisih antara cahaya lampu kolimator dengan berkas sinar-X pada sumbu X1 dan X2 yaitu 0,2 cm dan 0,2 cm. Sedangkan pergeseran pada sumbu Y1 dan Y2 yaitu 0,1 cm dan 0,9 cm.

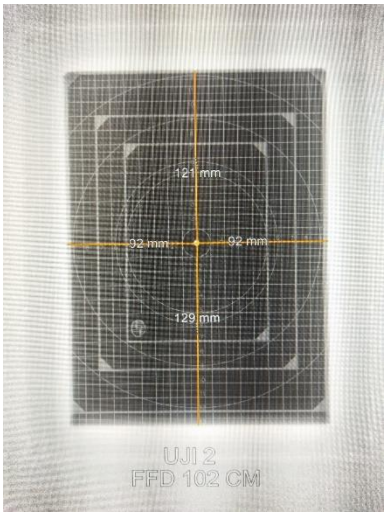
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Pertama FFD 102 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X_1+$X_2 \leq 2\%$ FFD	Y_1+$Y_2 \leq 2\%$ FFD
X_1+$X_2 \leq \frac{2}{100} \times 102$ cm	Y_1+$Y_2 \leq \frac{2}{100} \times 102$ cm
0,2 cm+0,2 cm $\leq \frac{2}{100} \times 102$ cm	0,1 cm + 0,9 cm $\leq \frac{2}{100} \times 102$ cm
0,4 cm $\leq 2{,}04$ cm	1 cm $\leq 2{,}04$ cm

Pada tabel 4.3 hasil perhitungan selisih antara berkas cahaya kolimator dengan berkas sinar-X yang didapat, penyimpangan pada sumbu X yaitu 0,4 cm dan pada sumbu Y sebesar 1 cm.

2) Uji Kedua pada FFD 102 cm

Gambar berikut menunjukkan hasil radiograf dari pengujian kedua menggunakan FFD 102 cm.



Gambar 4.3 Hasil Uji 2 pada FFD 102 cm

Pada gambar 4.3 dilakukan pengujian pertama kesamaan berkas cahaya kolimator pada FFD 102 cm. Terdapat perpindahan antara alat uji kolimator dengan berkas sinar-X pada setiap sisinya. Tabel berikut menampilkan data pengukuran kedua untuk FFD 102 cm:

Tabel 4.4 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji kedua FFD 102 cm

Uji	*Milimeter* (mm)				*Centimeter* (cm)			
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
1	92	92	121	129	9,2	9,2	12,1	12,9

Pada tabel 4.4 hasil pergeseran luas lapangan sinar-X yang didapat dalam satuan mm dikonversi menjadi satuan cm agar memudahkan dalam perhitungan pergeseran sesuai panduan.

Tabel 4.5 Hasil Uji Kedua FFD 102 cm

Sumbu	Luas Lapangan Kolimasi (cm)	Luas Lapangan Sinar-X (cm)	Nilai Selisih (cm)
X1	9	9,2	0,2
X2	9	9,2	0,2
Y1	12	12,1	0,1
Y2	12	12,9	0,9

Sesuai pada tabel 4.5 terdapat selisih antara cahaya lampu kolimator dengan berkas sinar-X pada sumbu X1 dan X2 yaitu 0,2 cm dan 0,2 cm. Sedangkan pergeseran pada sumbu Y1 dan Y2 yaitu 0,1 cm dan 0,9 cm.

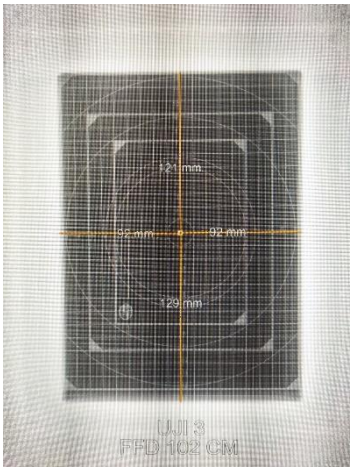
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Kedua FFD 102 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X_1+$X_2 \leq 2\%$ FFD	Y_1+$Y_2 \leq 2\%$ FFD
X_1+$X_2 \leq \frac{2}{100} \times 102$ cm	Y_1+$Y_2 \leq \frac{2}{100} \times 102$ cm
0,2 cm + 0,2 cm $\leq \frac{2}{100} \times 102$ cm	0,1 cm + 0,9 cm $\leq \frac{2}{100} \times 102$ cm
0,4 cm $\leq$ 2,04 cm	1 cm $\leq$ 2,04 cm

Pada tabel 4.6 hasil perhitungan selisih antara berkas cahaya kolimator dengan berkas sinar-X yang didapat, penyimpangan pada sumbu X yaitu 0,4 cm dan pada sumbu Y sebesar 1 cm.

3) Uji Ketiga pada FFD 102 cm

Gambar berikut menunjukkan hasil radiograf dari pengujian ketiga menggunakan FFD 102 cm.



Gambar 4.4 Hasil Uji 3 pada FFD 102 cm

Pada gambar 4.4 dilakukan pengujian pertama kesamaan berkas cahaya kolimator pada FFD 102 cm. Terdapat perpindahan antara alat uji kolimator dengan berkas sinar-X pada setiap sisinya. Tabel berikut menampilkan data pengukuran ketiga untuk FFD 102 cm:

Tabel 4.7 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji ketiga FFD 102 cm

Uji	*Milimeter* (mm)				*Centimeter* (cm)			
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
1	92	92	121	129	9,2	9,2	12,1	12,9

Pada tabel 4.7 hasil pergeseran luas lapangan sinar-X yang didapat dalam satuan mm dikonversi menjadi satuan cm agar memudahkan dalam perhitungan pergeseran sesuai panduan.

Tabel 4.8 Hasil Uji Ketiga FFD 102 cm

Sumbu	Luas Lapangan Kolimasi (cm)	Luas Lapangan Sinar-X (cm)	Nilai Selisih (cm)
X1	9	9,2	0,2
X2	9	9,2	0,2
Y1	12	12,1	0,1
Y2	12	12,9	0,9

Sesuai pada tabel 4.8 terdapat selisih antara cahaya lampu kolimator dengan berkas sinar-X pada sumbu X1 dan X2 yaitu 0,2 cm dan 0,2 cm. Sedangkan pergeseran pada sumbu Y1 dan Y2 yaitu 0,1 cm dan 0,9 cm.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Ketiga FFD 102 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X_1+$X_2 \leq 2\%$ FFD	Y_1+$Y_2 \leq 2\%$ FFD
X_1+$X_2 \leq \frac{2}{100} \times 102$ cm	Y_1+$Y_2 \leq \frac{2}{100} \times 102$ cm
0,2 cm + 0,2 cm $\leq \frac{2}{100} \times 102$ cm	0,1 cm + 0,9 cm $\leq \frac{2}{100} \times 102$ cm
0,4 cm $\leq$ 2,04 cm	1 cm $\leq$ 2,04 cm

Pada tabel 4.9 hasil perhitungan selisih antara berkas cahaya kolimator dengan berkas sinar-X yang didapat, penyimpangan pada sumbu X yaitu 0,4 cm dan pada sumbu Y sebesar 1 cm.

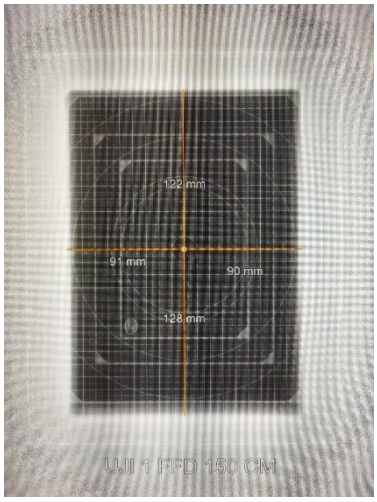
4.1.1.2 Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada FFD 150 cm

1) Uji pertama pada FFD 150 cm

Pengujian dilakukan dengan mengatur tabung sinar-X secara vertikal dengan disejajarkan detektor, atur FFD 150 cm dan letakkan *waterpass* pada permukaan detektor.

Letakkan alat uji *collimator test tool* secara tepat di tengah permukaan detektor, atur luas bidang pencahayaan agar sesuai dengan batas tepi plat (panjang 9 cm dan lebar 12 cm), lakukan eksposi sinar-X.

Gambar berikut menunjukkan hasil radiograf dari pengujian pertama menggunakan FFD 150 cm.



Gambar 4.5 Hasil Uji 1 pada FFD 150

Pada gambar 4.5 dilakukan pengujian pertama kesamaan berkas cahaya kolimator pada FFD 102 cm. Terdapat perpindahan antara alat uji kolimator dengan berkas sinar-X pada setiap sisinya. Tabel berikut menampilkan data pengukuran pertama untuk FFD 150 cm:

Tabel 4.10 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji pertama FFD 150 cm

Uji	*Milimeter* (mm)				*Centimeter* (cm)			
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
1	90	91	122	128	9	9,1	12,2	12,8

Pada tabel 4.10 hasil pergeseran luas lapangan sinar-X yang didapat dalam satuan mm dikonversi menjadi satuan cm agar memudahkan dalam perhitungan pergeseran sesuai panduan.

Tabel 4.11 Hasil Uji Pertama FFD 150 cm

Sumbu	Luas Lapangan Kolimasi (cm)	Luas Lapangan Sinar-X (cm)	Nilai Selisih (cm)
X1	9	9	0
X2	9	9,1	0,1
Y1	12	12,2	0,2
Y2	12	12,8	0,8

Sesuai pada tabel 4.11 terdapat selisih antara cahaya lampu kolimator dengan berkas sinar-X pada sumbu X1 dan X2 yaitu 0 cm dan 0,1 cm. Sedangkan pergeseran pada sumbu Y1 dan Y2 yaitu 0,2 cm dan 0,8 cm.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Pertama FFD 150 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X_1+$X_2 \leq 2\%$ FFD	Y_1+$Y_2 \leq 2\%$ FFD
X_1+$X_2 \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm	Y_1+$Y_2 \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm
0 cm + 0,1 cm $\leq \frac{2}{100} \times 150$ cm	0,2 cm + 0,8 cm $\leq \frac{2}{100} \times 150$ cm
0,1 cm $\leq$ 3 cm	1 cm $\leq$ 3 cm

Pada tabel 4.12 hasil perhitungan selisih antara berkas cahaya kolimator dengan berkas sinar-X yang didapat, nilai pergeseran pada sumbu X yaitu 0,1 cm dan pada sumbu Y sebesar 1 cm.

2) Uji Kedua pada FFD 150 cm

Gambar berikut menunjukkan hasil radiograf dari pengujian kedua menggunakan FFD 150 cm.

Gambar 4.6 Hasil Uji 2 pada FFD 150

Pada gambar 4.6 dilakukan pengujian pertama kesamaan berkas cahaya kolimator pada FFD 102 cm. Terdapat perpindahan antara alat uji kolimator dengan berkas sinar-X pada setiap sisinya. Tabel berikut menampilkan data pengukuran kedua untuk FFD 150 cm:

Tabel 4. 13 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji Kedua FFD 150 cm

Uji	*Milimeter* (mm)				*Centimeter* (cm)			
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
1	90	91	122	128	9	9,1	12,2	12,8

Pada tabel 4.13 hasil pergeseran luas lapangan sinar-X yang didapat dalam satuan mm dikonversi menjadi satuan cm agar memudahkan dalam perhitungan pergeseran sesuai panduan.

Tabel 4.14 Hasil Uji Kedua FFD 150 cm

Sumbu	Luas Lapangan Kolimasi (cm)	Luas Lapangan Sinar-X (cm)	Nilai Selisih (cm)
X1	9	9	0
X2	9	9,1	0,1
Y1	12	12,2	0,2
Y2	12	12,8	0,8

Sesuai pada tabel 4.14 terdapat selisih antara cahaya lampu kolimator dengan berkas sinar-X pada sumbu X1 dan X2 yaitu 0 cm dan 0,1 cm. Sedangkan pergeseran pada sumbu Y1 dan Y2 yaitu 0,2 cm dan 0,8 cm.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Kedua FFD 150 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X_1+$X_2 \leq 2\%$ FFD	Y_1+$Y_2 \leq 2\%$ FFD
X_1+$X_2 \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm	Y_1+$Y_2 \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm
0 cm + $0{,}1$ cm $\leq \frac{2}{100} \times 150$ cm	$0{,}2$ cm + $0{,}8$ cm $\leq \frac{2}{100} \times 150$ cm
$0{,}1$ cm ≤ 3 cm	1 cm ≤ 3 cm

Pada tabel 4.15 hasil perhitungan selisih antara berkas cahaya kolimator dengan berkas sinar-X yang didapat, nilai pergeseran pada sumbu X yaitu 0,1 cm dan pada sumbu Y sebesar 1 cm.

3) Uji Ketiga pada FFD 150 cm

Gambar berikut menunjukkan hasil radiograf dari pengujian ketiga menggunakan FFD 150 cm.

Gambar 4.7 Hasil Uji 3 pada FFD 150

Pada gambar 4.7 dilakukan pengujian pertama kesamaan berkas cahaya kolimator pada FFD 102 cm. Terdapat perpindahan antara alat uji kolimator dengan berkas sinar-X pada setiap sisinya. Tabel berikut menampilkan data pengukuran ketiga untuk FFD 150 cm:

Tabel 4. 16 Pergeseran Luas Lapangan Sinar-X dalam mm dan cm pada uji Ketiga FFD 150 cm

Uji	*Milimeter* (mm)				*Centimeter* (cm)			
	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2	Y1	Y2
1	90	91	122	128	9	9,1	12,2	12,8

Pada tabel 4.16 hasil pergeseran luas lapangan sinar-X yang didapat dalam satuan mm dikonversi menjadi satuan cm agar memudahkan dalam perhitungan pergeseran sesuai panduan.

Tabel 4.17 Hasil Uji Ketiga Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 150 cm

Sumbu	Luas Lapangan Kolimasi (cm)	Luas Lapangan Sinar-X (cm)	Nilai Selisih (cm)
X1	9	9	0
X2	9	9,1	0,1
Y1	12	12,2	0,2
Y2	12	12,8	0,8

Sesuai pada tabel 4.14 terdapat selisih antara cahaya lampu kolimator dengan berkas sinar-X pada sumbu X1 dan X2 yaitu 0 cm dan 0,1 cm. Sedangkan pergeseran pada sumbu Y1 dan Y2 yaitu 0,2 cm dan 0,8 cm.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Selisih Pengujian Ketiga FFD 150 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
X_1+$X_2 \leq$ 2% FFD	Y_1+$Y_2 \leq$ 2% FFD
X_1+$X_2 \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm	Y_1+$Y_2 \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm
0 cm + 0,1 cm $\leq \frac{2}{100} \times 150$ cm	0,2 cm + 0,8 cm $\leq \frac{2}{100} \times 150$ cm
0,1 cm $\leq$ 3 cm	1 cm $\leq$ 3 cm

Pada tabel 4.18 hasil perhitungan selisih antara berkas cahaya kolimator dengan berkas sinar-X yang didapat, penyimpangan pada sumbu X yaitu 0,1 cm dan pada sumbu Y sebesar 1 cm.

4.1.2 Rata-rata Hasil Pengukuran dan Perhitungan Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator dengan Berkas Sinar-X

Setelah mendapatkan hasil pada pengujian pertama hingga ketiga menggunakan FFD 102 cm dan 150 cm, selanjutnya dilakukan

pengukuran dan perhitungan rata-rata pada hasil pengujian. Hasil pengukuran dan perhitungan dipaparkan dalam tabel berikut.

Tabel 4. 19 Hasil Keseluruhan dari Pengukuran dan Perhitungan

FFD	Uji	Hasil Pengukuran (cm)				Hasil Perhitungan (cm)		Toleransi ≤2% dari FFD (cm)	Uji Kesesuian
		X1	X2	Y1	Y2	X1+X2	Y1+Y2		
102 cm	1	0,2	0,2	0,1	0,9	0,4	1	≤2,04 cm	Sesuai
	2	0,2	0,2	0,1	0,9	0,4	1	≤2,04 cm	Sesuai
	3	0,2	0,2	0,1	0,9	0,4	1	≤20,4 cm	Sesuai
Rata-rata		0,2	0,2	0,1	0,9	0,4	1	≤2,04 cm	Sesuai
150 cm	1	0	0,1	0,2	0,8	0,1	1	≤3 cm	Sesuai
	2	0	0,1	0,2	0,8	0,1	1	≤3 cm	Sesuai
	3	0	0,1	0,2	0,8	0,1	1	≤3 cm	Sesuai
Rata-rata		0	0,1	0,2	0,8	0,1	1	≤3 cm	Sesuai

4.1.2.1 Hasil Rata-rata Perhitungan pada FFD 102 cm

Perhitungan rata-rata didapatkan dari pengujian pertama hingga pengujian ketiga pada tiap-tiap sumbu X dan sumbu Y pada FFD 102 cm.

1) Perhitungan Rata-rata Pergeseran pada Sumbu X (cm)

$$\frac{Pengujian\ 1+pengujian\ 2+Pengujian\ 3}{3} \leq 2\%\ \text{FFD}$$

$$\frac{0,4+0,4+0,4}{3} \leq \frac{2}{100} \times 102\ \text{cm}$$

$$\frac{1,2}{3} \leq 2,04\ \text{cm}$$

$$0,4 \leq 2,04\ \text{cm}$$

2) Perhitungan Rata-rata Pergeseran pada Sumbu Y (cm)

$$\frac{Pengujian\ 1+pengujian\ 2+Pengujian\ 3}{3} \leq 2\%\ \text{FFD}$$

$\frac{1+1+1}{3} \leq \frac{2}{100} \times 102$ cm

$\frac{3}{3} \leq 2{,}04$ cm

$1 \leq 2{,}04$ cm

4.1.2.2 Hasil Rata-rata Perhitungan pada FFD 150 cm

Perhitungan rata-rata didapatkan dari pengujian pertama hingga pengujian ketiga pada tiap-tiap sumbu X dan sumbu Y pada FFD 150 cm.

1) Perhitungan Rata-rata Pergeseran pada Sumbu X (cm)

$\frac{Pengujian\ 1+pengujian\ 2+Pengujian\ 3}{3} \leq 2\%$ FFD

$\frac{0{,}1+0{,}1+0{,}1}{3} \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm

$\frac{0{,}3}{3} \leq 3$ cm

$0{,}1 \leq 3$ cm

2) Perhitungan Rata-rata Pergeseran pada Sumbu Y (cm)

$\frac{Pengujian\ 1+pengujian\ 2+Pengujian\ 3}{3} \leq 2\%$ FFD

$\frac{1+1+1}{3} \leq \frac{2}{100} \times 150$ cm

$\frac{3}{3} \leq 3$ cm

$1 \leq 3$ cm

Hasil perhitugan uji kesamaan berkas cahaya kolimator di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan pada pengujian pertama hingga ketiga pada FFD 102 cm diperoleh hasil perhitungan rata-rata pada sumbu X yaitu 0,4 cm dan perhitungan pada sumbu Y yaitu 1 cm.

Sedangkan pada FFD 150 cm diperoleh hasil perhitungan rata-rata pada sumbu X yaitu 0,1 cm dan perhitungan pada sumbu Y yaitu 1 cm. Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka terdapat pergeseran antara berkas cahaya kolimator dan berkas radiasi sinar-X, tetapi tidak melebihi batas toleransi yang ditetapkan oleh Keputusan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009 yaitu ≤ 2% dari FFD.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan menggunakan metode *collimator test tool*

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, pengujian kesesuaian berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di RSUD Selasih Kab. Pelalawan telah dilaksanakan menggunakan perangkat *collimator test tool* menggunakan skala *centimeter*. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 3 Juni 2025 dengan memanfaatkan parameter eksposi otomatis alat *Direct Radiography* (DR), yaitu 105 kV dan 0,6 mAs. Menurut Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 batas toleransi pergeseran yaitu 2% dari FFD yang digunakan. Luas lapangan penyinaran pada bidang *collimator test tool* dengan ukuran panjang 9 cm dan lebar 12 cm. Pengujian dilakukan pada dua jarak FFD (*Focus-to-Film Distance*) yaitu 102 cm dan 150 cm. Pemilihan jarak FFD 102 cm didasarkan pada karakteristik sistem DR yang mensyaratkan posisi tabung sinar-X dan

detektor selalu tegak lurus, di mana 102 cm merupakan jarak minimum yang dapat dicapai pada perangkat tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat pergeseran berkas cahaya kolimator dengan berkas radiasi sinar-X pada kedua penggunaan FFD. Pengujian kesamaan berkas cahaya kolimator menggunakan FFD 102 cm mengalami pergeseran sumbu X dengan rata-rata 0,4 cm dan pada sumbu Y dengan rata-rata 1 cm. Pengujian kesamaan berkas cahaya kolimator menggunakan FFD 150 cm mengalami pergeseran sumbu X dengan rata-rata 0,1 cm dan pada sumbu Y dengan rata-rata 1 cm.

Menurut Rahmania & Suranti (2024) Kolimator asimetris dapat disebabkan oleh sejumlah faktor, seperti pergeseran cermin kolimator, teknik pengukuran yang tidak menerapkan instrumen untuk menilai kerataan pada bidang atau menggunakan *waterpass* pada kolimator, peletakan tabung yang tidak tepat pada kolimator, atau pergeseran kolimator antara 0° selama pengujian. Menurut Sudarsih et al (2018) pergeseran atau ketidaksesuaian dalam luas lapangan berkas Sinar-X pesawat Sinar-X dapat disebabkan oleh kondisi *shutter* kolimator yang buruk. Ini terjadi saat penutupan kolimator atau ketika mengatur luas lapangan, menyebabkan kolimator menjadi tidak simetris atau ketidaksejajaran antara kanan dan kiri.

4.2.2 Hasil Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan Masih Dalam Batas Toleransi atau Tidak Menurut 1250/MENKES/SK/XII/2009

Berdasarkan Keputusan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009 mengenai nilai batas toleransi pada uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X yaitu sesuai dengan standar NRCP (*National Council on Radiation Protection and Measurements*) yaitu X1+X2 ≤ 2% FFD (*Focus Film Distance*) dan Y1+Y2 ≤ 2% FFD (*Focus Film Distance*). Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti mengenai hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan, hasilnya terdapat pergeseran antara berkas cahaya kolimator dengan berkas radiasi sinar-X, tetapi tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

Pada FFD 102 cm diperoleh nilai rata-rata pergeseran pada sumbu X sebesar 0,4 cm dan pergeseran rata-rata pada sumbu Y yaitu 1 cm. Batas toleransi 2% dari 102 cm yaitu 2,04 cm, terdapat pergeseran, tetapi masih berada dibawah batas toleransi yang ditetapkan. Pada penggunaan FFD 150 cm diperoleh nilai rata-rata pergeseran pada sumbu X sebesar 0,1 cm dan pergeseran rata-rata pada sumbu Y sebesar 1 cm. Batas toleransi 2% dari 150 cm yaitu 3 cm. Terdapat pergeseran antara berkas cahaya kolimator dengan berkas radiasi sinar-X, akan tetapi masih berada dibawah batas toleransi yang ditetapkan. Ketidaksesuaian lampu kolimator dengan berkas sinar-X akan berpengaruh terhadap kualitas

gambaran radiograf, selain itu akan meningkatkan dosis terhadap pasien jika terjadi pengulangan ekspos diakibatkan gambaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan harapan (Nugroho, 2020).

Menurut peneliti, keseluruhan dari hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X merk Philips di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan pergeserannya tidak melebihi batas toleransi berdasarkan Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 yang artinya pesawat tersebut layak digunakan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

5.1.1 Hasil uji kesamaan berkas cahaya kolimator pada pesawat sinar-X menggunakan metode *collimator alignment test tool* dengan dua variasi jarak FFD 102 cm dan 150 cm menunjukkan adanya pergeseran antara berkas cahaya kolimator dan berkas radiasi sinar-X. Pada FFD 102 cm, rata-rata pergeseran sumbu X sebesar 0,4 cm dan sumbu Y sebesar 1 cm. Sementara pada FFD 150 cm, rata-rata pergeseran sumbu X sebesar 0,1 cm dan sumbu Y sebesar 1 cm.

5.1.2 Nilai pergeseran tersebut masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1250/MENKES/SK/XII/2009.

5.2 Saran

5.2.1 Berdasarkan hasil pengujian, penulis menyarankan agar pengujian dilakukan secara berkala untuk mempertahankan kesesuaiannya, minimal satu kali dalam satu bulan atau setiap kali setelah perbaikan dan pemeliharaan pesawat sinar-X sesuai Keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 guna menjamin kualitas pelayanan dan keselamatan pasien.

5.2.2 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada unit pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan mengenai kendali mutu lainnya agar tetap aman dan berfungsi dengan layak.

DAFTAR PUSTAKA

Bapeten. 2020. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2020 Tentang Keselamatan Radiasi Pada Penggunaan Pesawat Sinar-X Dalam Radiologi Diagnostik Dan Intervensional.* Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia, 1–52.

Bushong, S. C. 2017. *Radiologic Science for Technologist*.

Fairusiyyah, N., Widjasena, B., & Ekawati. 2016. *Analisis Implementasi Manajemen Keselamatan Radiasi Sinar-X Di Unit Kerja Radiologi Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang Tahun 2016.* Jurnal Kesehatan Masyarakat, 4(3), 514–527.

Fauber, T. 2017. *Radiographic Imaging and Exposure.* In *Radiographic Imaging and Exposure*. Elsevier Inc.

Fransiska, E., Nehru, & Afrianto, M. F. 2018. Uji *Kesesuaian Berkas Sinar-X Dengan Berkas Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Di Instalasi Radiologi Rsud Raden Mattaher Jambi*. Komunikasi Fisika Indonesia, 15(1), 77–83.

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

IAEA. 2023. *HANDBOOK OF BASIC QUALITY CONTROL TESTS FOR DIAGNOSTIC RADIOLOGY. In Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy.*

Ismail, H. A., Ali, O. A., Omer, M. A., Garelnabi, M. E., & Mustafa, N. S. 2015. *Evaluation of Diagnostic Radiology Department in Term of Quality Control (QC) of X-Ray Units at Khartoum State Hospitals*. International Journal of Science and Research (IJSR), 4(1), 1875–1878.

KEMENKES. 2009. *KMK No 1250 Tahun 2009 Tentang Kendali Mutu Radiodiagnostik*.

Lampignano, J. P., & Kendrick, L. E. 2018. *BONTRAGER'S TEXTBOOK OF RADIOGRAPHIC POSITIONING AND RELATED ANATOMY*.

Maharani, S. N. 2024. *Uji kesesuaian lapangan kolimator pada pesawat sinar x konvensional di instalasi radiologi rumah sakit indriati solo baru tugas akhir*.

Maier, A., Steidl, S., Christlein, V., & Hornegger, J. 2018. *Medical Imaging Systems* (Vol. 11111).

Martina, D., Susilo, & Sunarno. 2015. *Uji Kolimator Pada Pesawat Sinar-X Merk/ Type Mednif/Sf-100By Di Laboratorium Fisika Medik Menggunakan Unit Rmi.* Jurnal MIPA, 38(2), 121–126.

Metaningrum, R., & Putro, W. M. C. 2023. *Uji Kesesuaian Lapangan Kolimasi dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Sinar-X di RSIY PDHI*. Prosiding Seminar Nuklir 2023, 111–119.

Nisa, C., Saputro, U. H., Putra, N. P., Dipnola, & Annazifa, S. 2023. *Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Pesawat Sinar-X.* Jurnal Kesehatan Tambusai, *4*(4), 6335–6340.

Nugroho, fatimah agung. 2020. *Teknik Radiografi Non Kontras 1*. Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar, November 2020, 281.

PERKA BAPETEN. 2018. *Perka Bapeten Nomor 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*.

Rahmania, I., & Suranti, T. 2024. *Pembuatan Test Tool Kolimator dan Beam Aligment dari Bahan Akrilik di Instalasi Radiologi.* Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika, 12(01), 75–82.

Rahmat, B., Purwaningrum, D., & Santoso, S. 2022. *Sistem Penggerak Pergerakan Meja Radiologi.* RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro, 4(2), 100–103.

Satwika, L. G. P., Ratini, N. N., & Iffah, M. 2021. *Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X terhadap Signal to Noise Ratio (SNR) dengan Penerapan Anode Heel Effect menggunakan Stepwedge.* Buletin Fisika, *22*(1), 20–28.

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

Sulistyawati, W., Wahyudi, & Trinuryono, S. 2022. *Analisis Motivasi Belajar Siswa Dengan Menggunakan Model Pembelajaran Blended Learning Saat Pandemi Covid-19 (Deskriptif Kuantitatif Di Sman 1 Babadan Ponorogo).* KadikmA, *13*(1), 68–73.

Suroso, S., Bachtiar, R., & Pribadi, B. 2017. *Pengembangan Sistem Mekanik Pengatur Elevasi Tabung Pesawat Sinar-X Lorad Lpx 200*. Jurnal Forum *Nuklir*, *10*(2), 89–95.

Suryani, D. 2018. *Analisis Gelombang Elektromagnetik (Sinar-X) dalam Kesehatan Perspektif Al-Qur'an dan Sains.* PROSIDING Seminar Nasional Pendidikan Fisika FITK UNSIQ, 1(1), 115–120.

Susanti, S. A., Sutapa, G. N., & Iffah, M. 2022. *Estimasi Dosis Radiasi Sinar-X terhadap Efek Herediter pada Radiografi Konvesional.* Kappa Journal, *6*(2), 312–324.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator KEMENKES No. 1250 Tahun 2009

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°) 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 $\pm$ 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.

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, 24 April 2025

No : 00023/UAB1.01.3.3/U/KPS/4.25
Lampiran : -
Perihal : **Surat Permohonan Izin Survey Awal**

Kepada Yth :
Bapak/Ibu Direktur RSUD Selasih Kab. Pelalawan
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 : M. Syawal Syahputra
Nim : 202211402008
Dengan Judul : Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan

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
NIDN. 1022099201

Tembusan :
1.Arsip

Lampiran 3. 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, JLAbulyatama, 29464
Telp. (0778) 4805007/ 085760085061
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

No : 00037/UAB1.01.3.3/U/KPS/4.25
Lampiran : -
Perihal : **Surat Izin Penelitian**

Kepada Yth :
Bapak/Ibu Direktur RSUD Selasih Kab. Pelalawan
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 : M. Syawal Syahputra
Nim : 202211402008
Dengan Judul : Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan

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

Pekanbaru, 30 April 2025
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi
Universitas Awal Bros

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

Tembusan :

Lampiran 4. Surat Balasan Survey Awal dan Izin Penelitian

RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
SELASIH
Jl. Rumah Sakit No. 1 Pkl. Kerinci Telp. (0761) 7050995 / 7051003
PANGKALAN KERINCI Kode Pos : 28300

Pangkalan Kerinci, 28 April 2025

Nomor : 900.1.1.4/BLUD-RSUD/2025/
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Perihal : Balasan Permohonan Izin Survey Awal

Kepada Yth,:
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros
di –
Pekanbaru

Dengan Hormat,
Terimakasih untuk kepercayaan yang telah diberikan kepada RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan dan semoga Bapak/Ibu selalu dalam lindungan Allah SWT.
Sehubungan dengan adanya permohonan Izin Survey Awal di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan, sesuai dengan surat yang kami terima No. 00023/UAB1.01.3.3/U/KPS/4.25, maka dengan ini kami beritahukan bahwa kami memberikan izin kepada mahasiswi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Pekanbaru atas nama M. Syawal Syahputra (NIM: 202211402008) untuk melakukan Survey Awal di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan. Dengan ketentuan yang bersangkutan mengikuti aturan atau kebijakan yang ada di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan.

Berdasarkan Peraturan Bupati Nomor : 25 Tahun 2017 tentang Perubahan atas Peraturan Bupati Pelalawan No. 62 Tahun 2016 tentang Tarif Pelayanan Kesehatan BLUD RSUD Selasih Kapupaten Pelalawan adalah sebagai berikut :

No	Jenis Layanan	Biaya	Keterangan
1.	Penelitian (paket/orang) - Program D III - Program D IV / S 1 - Program S2, S3	 Rp. 35.000,- Rp. 50.000,- Rp. 575.000,-	

Demikian hal ini disaNomJenis LayananpBiayaaKeteranganikan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

DIREKTUR RSUD SELASIH
KABUPATEN PELALAWAN

dr. IRNA
Pembina
NIP. 19711028 200312 2 008

Lampiran 5. Surat Keterangan Selesai Penelitian

RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
SELASIH
Jl. Rumah Sakit No. 1 Pkl. Kerinci Telp. (0761) 7050995 / 7051003
PANGKALAN KERINCI Kode Pos : 28300

Pangkalan Kerinci, 28 Juli 2025

Nomor : 900.1.1.4/BLUD-RSUD/2025/3024
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Perihal : Surat Keterangan Selesai Penelitian

Kepada Yth,:
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros
di –
Pekanbaru

Dengan Hormat,
Terimakasih untuk kepercayaan yang telah diberikan kepada Rumah Sakit Umum Daerah Selasih Pangkalan Kerinci dan semoga Bapak/Ibu selalu dalam lindungan Allah SWT.

Melalui surat ini kami beritahukan bahwa mahasiswi dengan data berikut :

Nama	: M. Syawal Syahputra
NIM	: 202211402008
Judul Penelitian	: Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan.

Telah selesai melakukan Penelitian di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan bulan Juni s/d Juli 2025.
Demikian hal ini disampaikan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

DIREKTUR RSUD SELASIH
KABUPATEN PELALAWAN

Pembina
NIP. 19711028 200312 2 008

Lampiran 6. Surat Permohonan Persetujuan Etik

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 , 22 Mei 2025

Nomor : 00039/UAB1.20/DL/KPS/5.25
Lampiran : 1 (satu) Berkas
Perihal : Permohonan Persetujuan Etik

Kepada Yth :
Ketua Komisi Etik Penelitian
Universitas Awal Bros

Sehubungan dengan rencana penelitian yang akan dilaksanakan oleh:

Nama Peneliti	: M. Syawal Syahputra
Program Studi	: DIII Teknik Radiologi
Judul	: UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN
Pembimbing 1	: Shelly Angella,M.Tr.Kes
Pembimbing 2	: DEVI PURNAMASARI, S.Psi., MKM

Maka bersama ini kami mengajukan permohonan persetujuan etik sebagai salah satu syarat penelitian tersebut bisa dilakukan.

Demikian kami sampaikan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi
DIII Teknik Radiologi

Shelly Angella,S.Tr.Rad., M.Tr.Kes
NIDK : 1022099201

Lampiran 7. Surat Rekomendasi Persetujuan Etik

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

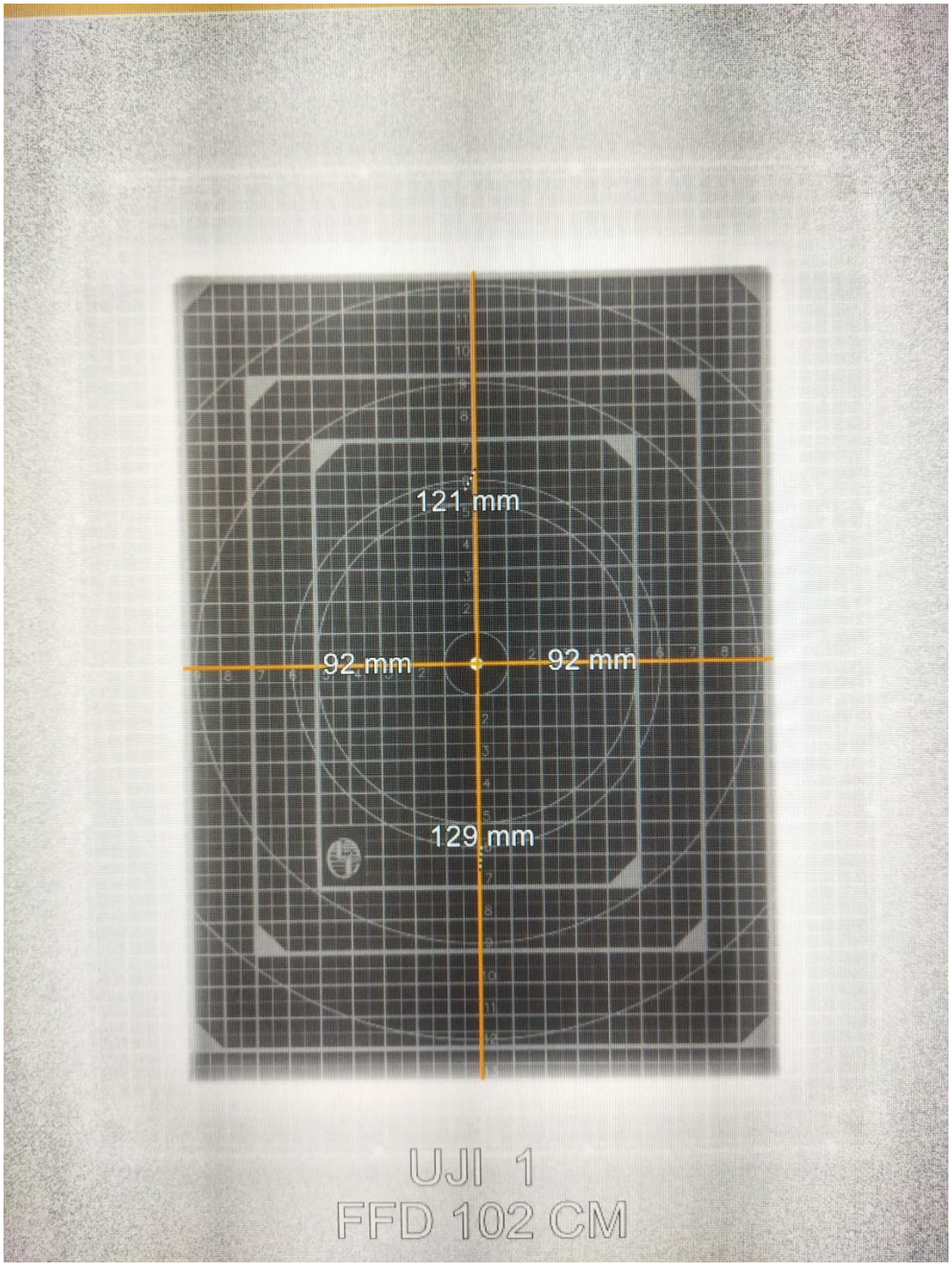
REKOMENDASI PERSETUJUAN ETIK
Nomor : 0089/UAB1.20/SR/KEPK/06.25

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

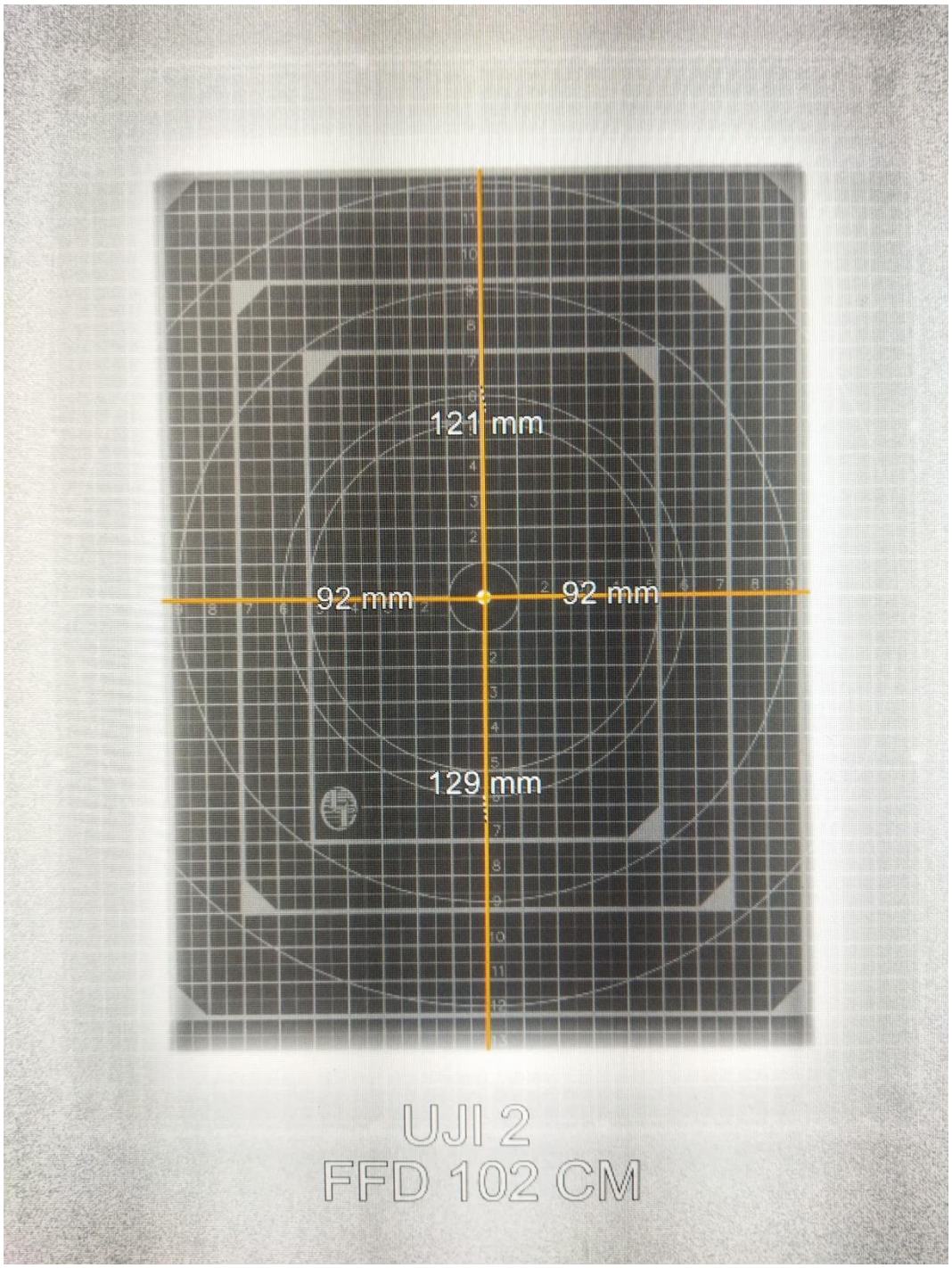
No Protokol	UAB250010		
Peneliti Utama	M. Syawal Syahputra		
Judul Penelitian	UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN		
Tempat Penelitian	RSUD Selasih Kab. Pelalawan		
Masa Berlaku	19 Juni 2025 - 19 Juni 2026		
Ketua Komisi Etik Penelitian 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

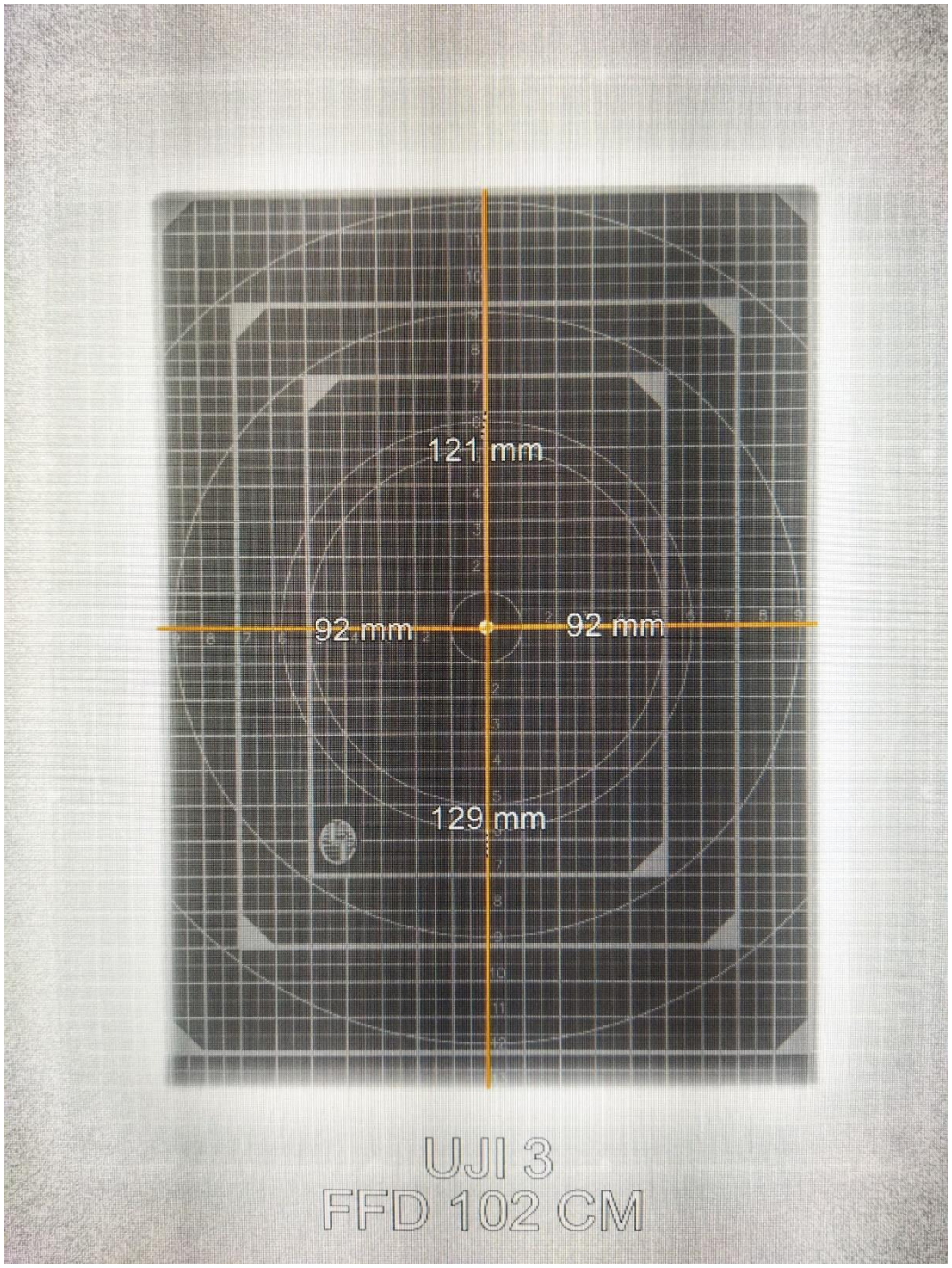
Lampiran 8. Hasil Radiograf Pengujian Pertama Menggunakan FFD 102 cm



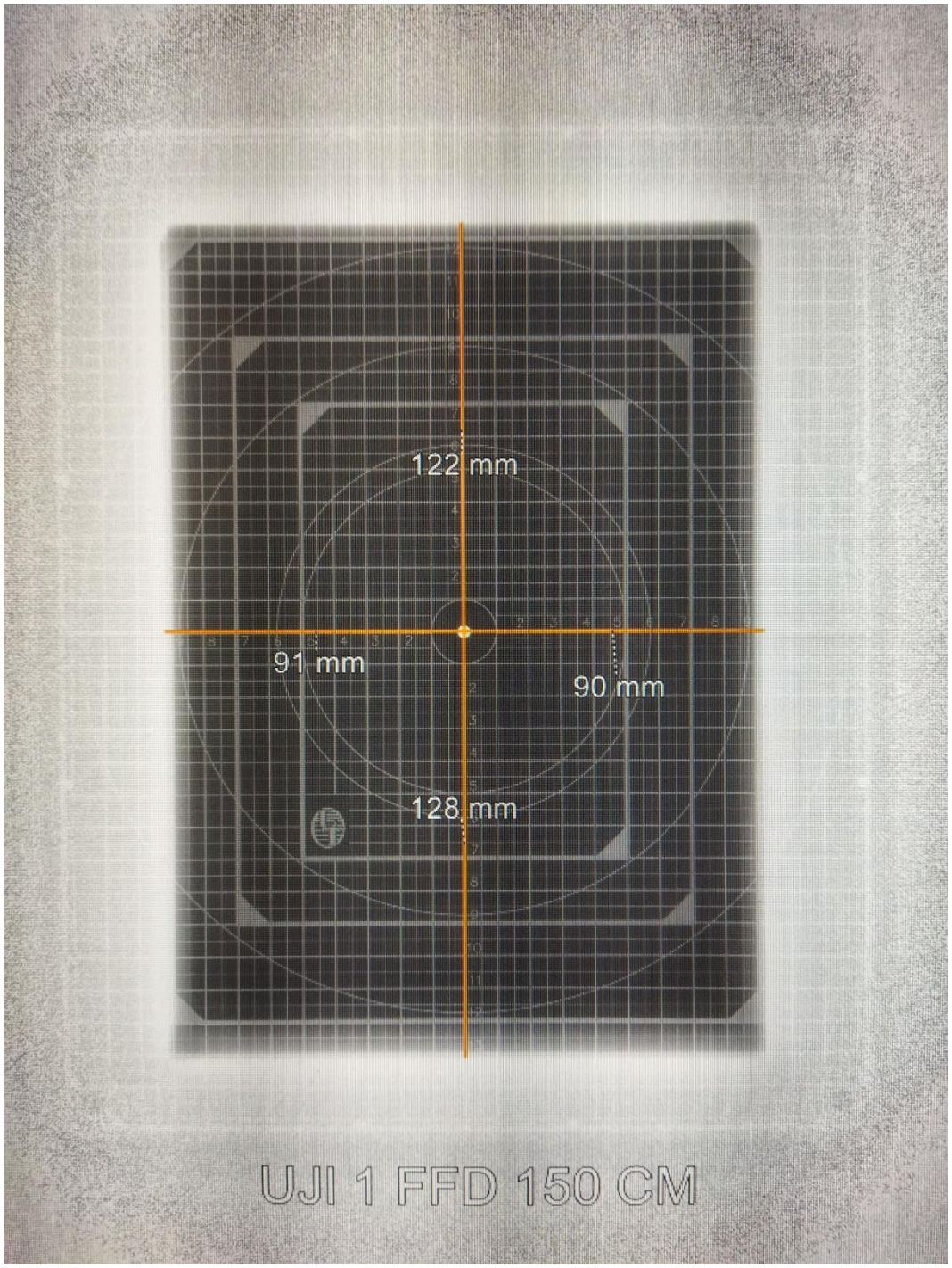
Lampiran 9. Hasil Radiograf Pengujian Kedua Menggunakan FFD 102 cm



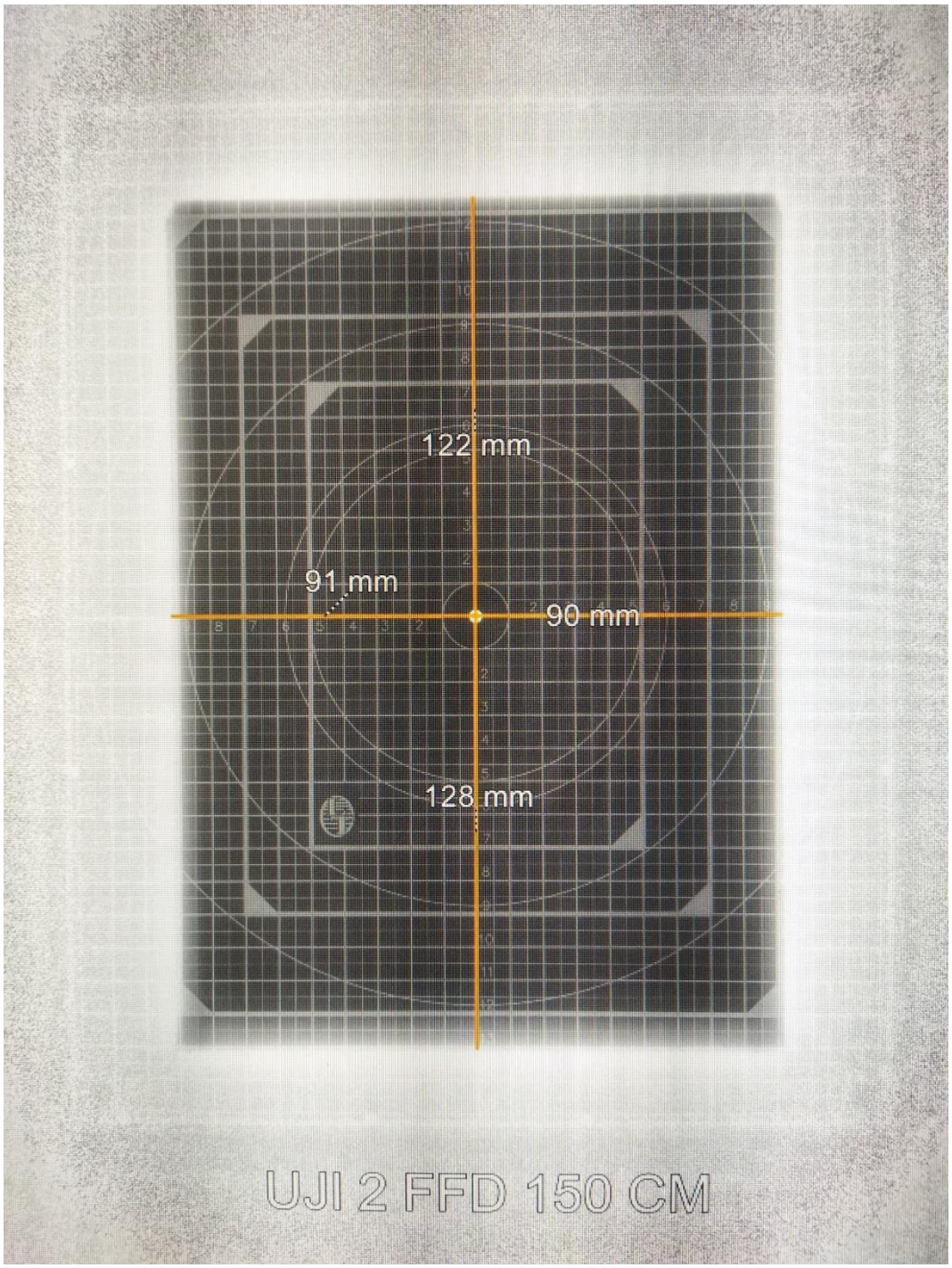
Lampiran 10. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga Menggunakan FFD 102 cm



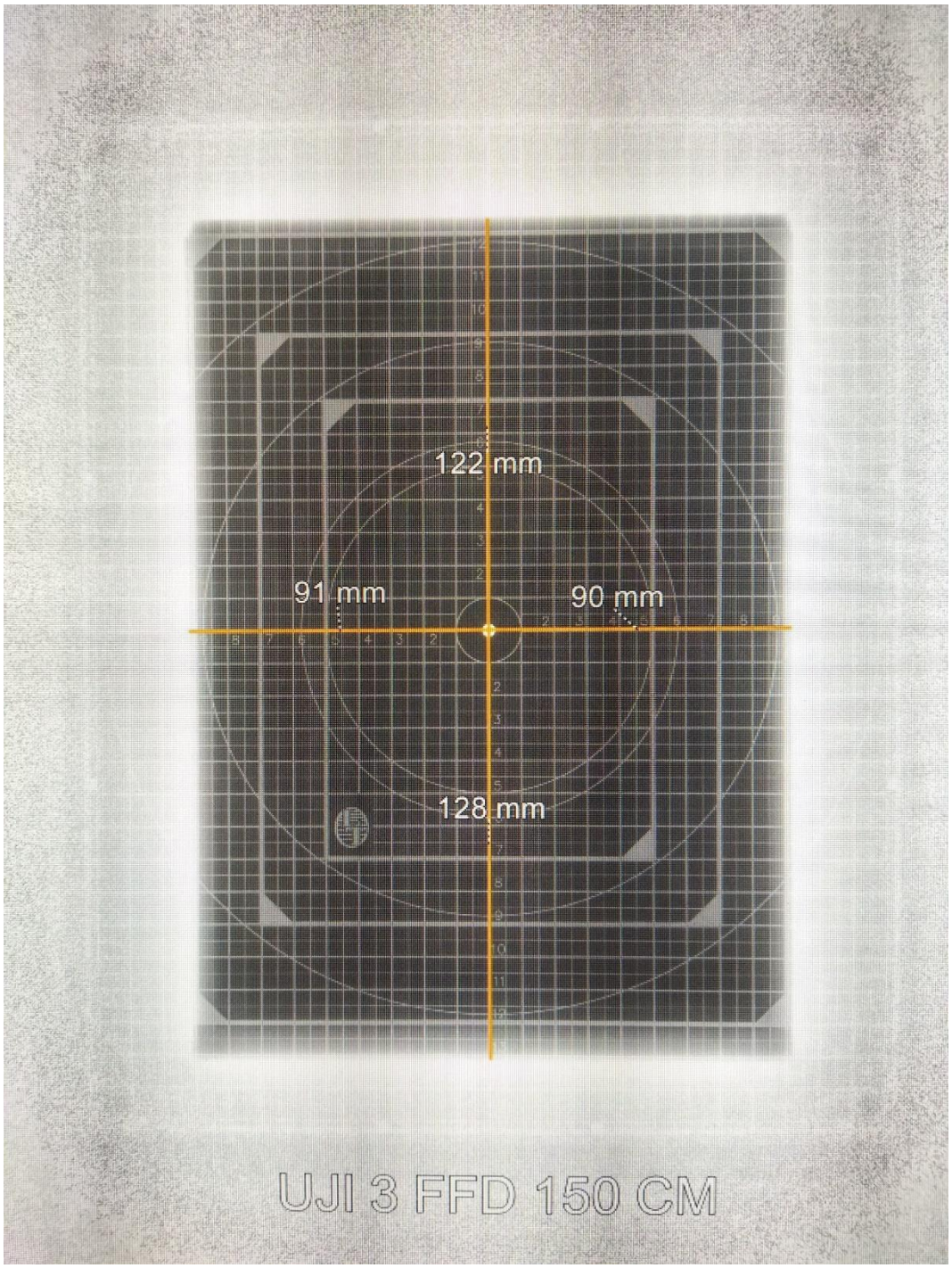
Lampiran 11. Hasil Radiograf Pengujian Pertama Menggunakan FFD 150 cm



Lampiran 12. Hasil Radiograf Pengujian Kedua Menggunakan FFD 150 cm



Lampiran 13. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga Menggunakan FFD 150 cm



Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian

Menjelaskan kepada PPR tentang alur penelitian yang akan dilakukan

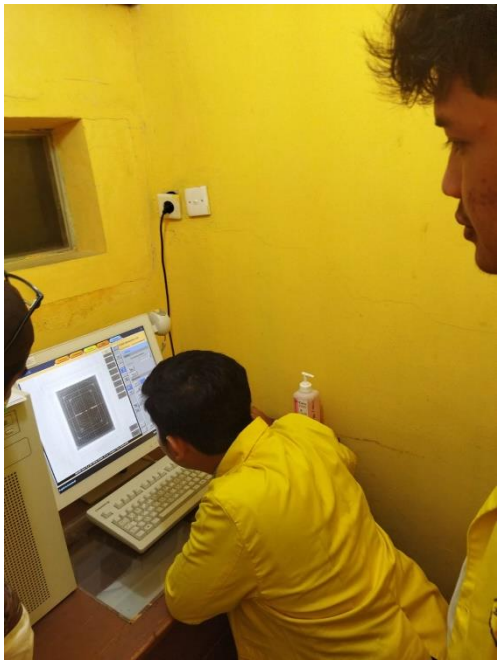
Mengukur kesejajaran *detector* menggunakan *waterpass*

Mengukur FFD 102 cm

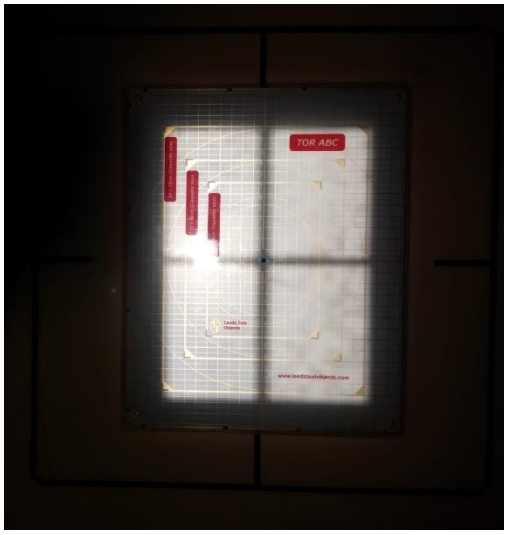
Mengukur FFD 150 cm

Mengatur luas lapangan *collimator test tool*

Pengukuran pergeseran secara langsung menggunakan *computer console*



luas lapangan *collimator test tool*



Lampiran 15. Lembar Observasi Penelitian

LEMBAR OBSERVASI PENELITIAN

Nama	:	M. Syawal Syahputra
NIM	:	202211402008
Judul Penelitian	:	UJI KESAMAAN BERKAS CAHAYA KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH KAB. PELALAWAN
Tanggal Penelitian	:	03 Juni 2025
Instrumen Penelitian	:	1. Pesawat sinar-X 2. Alat uji kolimator (*Collimator alignment test tool*) 3. *Waterpass* 4. *Digital Radiography*

Tabel 1. Hasil Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 102 Cm

Sumbu	kV	mAs	Luas Lapangan Kolimasi	Luas Lapangan Sinar-X	Nilai Selisih	ΔX dan ΔY
Pengujian Pertama						
X1	105	0,6	9 cm	9,2 cm	0,2 cm	0,4 cm
X2	105	0,6	9 cm	9,2 cm	0,2 cm	
Y1	105	0,6	12 cm	12,1 cm	0,1 cm	1,0 cm
Y2	105	0,6	12 cm	12,9 cm	0,9 cm	
Pengujian Kedua						
X1	105	0,6	9 cm	9,2 cm	0,2 cm	0,4 cm
X2	105	0,6	9 cm	9,2 cm	0,2 cm	
Y1	105	0,6	12 cm	12,1 cm	0,1 cm	1,0 cm
Y2	105	0,6	12 cm	12,9 cm	0,9 cm	
Pengujian Ketiga						
X1	105	0,6	9 cm	9,2 cm	0,2 cm	0,4 cm
X2	105	0,6	9 cm	9,2 cm	0,2 cm	

Y1	105	0,6	12 cm	12,1 cm	0,1 cm	1,0 cm
Y2	105	0,6	12 cm	12,9 cm	0,9 cm	

Tabel 2. Hasil Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Menggunakan FFD 150 Cm

Sumbu	kV	mAs	Luas Lapangan Kolimasi	Luas Lapangan Sinar-X	Nilai Selisih	ΔX dan ΔY
Pengujian Pertama						
X1	105	0,7	9 cm	9 cm	0 cm	0,1 cm
X2	105	0,7	9 cm	9,1 cm	0,1 cm	
Y1	105	0,7	12 cm	12,2 cm	0,2 cm	1,0 cm
Y2	105	0,7	12 cm	12,8 cm	0,8 cm	
Pengujian Kedua						
X1	105	0,7	9 cm	9 cm	0 cm	0,1 cm
X2	105	0,7	9 cm	9,1 cm	0,1 cm	
Y1	105	0,7	12 cm	12,2 cm	0,2 cm	1,0 cm
Y2	105	0,7	12 cm	12,8 cm	0,8 cm	
Pengujian Ketiga						
X1	105	0,7	9 cm	9 cm	0 cm	0,1 cm
X2	105	0,7	9 cm	9,1 cm	0,1 cm	
Y1	105	0,7	12 cm	12,2 cm	0,2 cm	1,0 cm
Y2	105	0,7	12 cm	12,8 cm	0,8 cm	

Tabel 3. Hasil Keseluruhan dari Pengukuran dan Perhitungan

FFD	Uji	Hasil Pengukuran (cm)				Hasil Perhitungan		Toleransi ≤2% dari FFD (cm)	Uji Kesesuian
		X1	X2	Y1	Y2	X1+X2	Y1+Y2		
102 cm	1	0,2	0,2	0,1	0,9	0,4 cm	1,0 cm	≤2,04 cm	
	2	0,2	0,2	0,1	0,9	0,4 cm	1,0 cm	≤2,04 cm	
	3	0,2	0,2	0,1	0,9	0,4 cm	1,0 cm	≤2,04 cm	
Rata-rata		0,2	0,2	0,1	0,9	0,4 cm	1,0 cm	≤2,04 cm	Sesuai
150 cm	1	0	0,1	0,2	0,8	0,1 cm	1,0 cm	≤3 cm	
	2	0	0,1	0,2	0,8	0,1 cm	1,0 cm	≤3 cm	
	3	0	0,1	0,2	0,8	0,1 cm	1,0 cm	≤3 cm	
Rata-rata		0	0,1	0,2	0,8	0,1 cm	1,0 cm	≤3 cm	Sesuai

Pelalawan, 03 Juni 2026

Mengetahui,

Kepala Ruangan Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan

Nike

(Marisa Inike. AMR)

Lampiran 16. Lembar Konsul Pembimbing I

LEMBAR KONSUL PEMBIMBING I

Nama : M. Syawal Syahputra

NIM : 202211402008

Judul KTI : Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi Rsud Selasih Kab. Pelalawan

Nama Pembimbing I : Shelly Angella M.Tr.Kes

No	Hari/ Tanggal	Keterangan	TTD
1	Senin / 09 Juni 2025	Konsul BAB IV	
2	Selasa / 10 Juni 2025	Revisi BAB IV	
3	Rabu / 11 Juni 2025	Konsul BAB IV & V	
4	Jumat / 13 Juni 2025	Revisi BAB V	
5	Jumat / 13 Juni 2025	ACC KTI	
6			
7			
8			

Pekanbaru, 13 Juni 2025

Pembimbing I

(Shelly Angella, M.Tr.Kes)

NIDN. 1022099201

Lampiran 17. Lembar Konsul Pembimbing II

LEMBAR KONSUL PEMBIMBING II

Nama : M. Syawal Syahputra

NIM : 202211402008

Judul KTI : Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimator Pada Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi Rsud Selasih Kab. Pelalawan

Nama Pembimbing II : Devi Purnamasari, S.Psi.,MKM

No	Hari/ Tanggal	Keterangan	TTD
1	Senin / 09 Juni 2025	Konsul BAB IV	
2	Selasa / 10 Juni 2025	Revisi BAB IV	
3	Rabu / 11 Juni 2025	Konsul BAB IV&V	
4	Jumat / 13 Juni 2025	Revisi BAB V	
5	Jumat / 13 Juni 2025	ACC KTI	
6			
7			
8			

Pekanbaru, 13 Juni 2025

Pembimbing II

(Devi Purnamasari, S.Psi.,MKM)

NIDN. 1003098301