

**UJI KESESUAIAN LAPANGAN KOLIMATOR PADA  
PESAWAT SINAR X KONVENSIIONAL DI INSTALASI  
RADIOLOGI RUMAH SAKIT TINGKAT III dr.SOETARTO  
YONGYAKARTA**

**KARYA TULIS ILMIAH**

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Menyelesaikan Pendidikan Diploma 3 Radiologi di  
Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto Yogyakarta



Disusun Oleh :

**BERTRAN EBENHAEZER SAHETAPY**

**22230040**

**PROGRAM STUDI D3 RADIOLOGI  
POLITEKNIK KESEHATAN TNI AU ADISUTJIPTO  
YOGYAKARTA  
2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN

UJI KESESUAIAN LAPANGAN KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR X  
KONVENSIONAL DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT TINGKAT  
III dr.SOETARTO YONGYAKARTA

NAMA : Bertran Ebenhaezer Sahetapy

NIM : 22230040

Yogyakarta, 28, Oktober 2025

Menyetujui :

Pembimbing I

Tanggal 28, Oktober 2025




Redha Okta Silfina M. Tr. Kes

NIDN: 0514109301

Pembimbing II

Tanggal 28, Oktober 2025



M. Sofyan. M. Kes., M. Tr. ID

NIDN : 0808048602

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KARYA TULIS ILMIAH**

**UJI KESESUAIAN LAPANGAN KOLIMATOR PADA PESAWAT SINAR  
X KONVENSIIONAL DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT  
TINGKAT III dr.SOETARTO YONGYAKARTA**

Dipersiapkan dan disusun oleh

**BERTRAN EBENHAEZER SAHETAPY**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal    /    / 2025

Pembimbing I



Redha Okta Silfina M. Tr. Kes  
NIDN : 0514109301

Ketua Dewan Penguji



Delfi Iskardyani S.Pd.,M.Si  
NIDN : 0523099101

Pembimbing II



M. Sofyan. M. Kes.,M.Tr.ID  
NIDN: 0808048602

Karya Tulis Ilmiah ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh gelar Diploma 3 Radiologi  
Tanggal    /    / 2025

  
Redha Okta Silfina M. Tr. Kes  
NIDN: 0514109301

## **SURAT PERNYATAAN**

### **TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI**

Saya menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah yang berjudul “ Uji Kesesuaian Lapangan Kolimator Pada Pesawat Sinar X Konvensional Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yongyakarta” ini sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian di dalamnya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan pelanggaran etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Yogyakarta,.....2025  
Yang membuat pernyataan

(Bertran Ebenhaezer Sahetapy)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga proposal karya tulis ilmiah yang berjudul “*Uji Kesesuaian Lapangan Kolimator pada Pesawat Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yongyakarta*” ini dapat disusun dengan baik sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma Tiga Radiologi pada Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto Yogyakarta.

Penyusunan proposal ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Minto Sumego, MS., selaku Direktur Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan pendidikan.
2. Redha Okta Silfina, M.Tr.Kes., selaku Ketua Program Studi D3 Radiologi, yang telah memberikan dukungan dan arahan selama proses perkuliahan dan penyusunan proposal ini.
3. Redha Okta Silfina, M.Tr.Kes., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan arahan, motivasi, dan bimbingan secara sabar dan konsisten selama proses penyusunan proposal ini.
4. Bapak M. Sofyan, S.ST., M.Kes., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan masukan, evaluasi, dan dukungan yang sangat berarti dalam penyusunan proposal ini.

5. Seluruh dosen dan staf Program Studi D3 Radiologi Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan dukungan selama masa studi.
6. Pihak Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta yang telah memberikan izin serta fasilitas yang diperlukan dalam pelaksanaan observasi awal penelitian.
7. Orang tua, keluarga, dan teman-teman yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan karya tulis ini di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga proposal ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun bagi peningkatan keselamatan pelayanan di instalasi radiologi.

Yogyakarta, 2024

Bertran Ebenhaezer Sahetapy

## ABSTRAK

**Latar Belakang:** Pesawat sinar-X merupakan perangkat radiodiagnostik yang berperan penting dalam menunjang proses diagnosis dengan menghasilkan citra bagian dalam tubuh. Salah satu komponen vital yang menentukan kualitas citra sekaligus keselamatan pasien adalah kolimator, yang berfungsi membatasi dan mengarahkan pancaran radiasi hanya pada area yang diperlukan. Ketidaksesuaian kolimasi dapat menyebabkan citra terpotong, meningkatnya paparan radiasi pada jaringan yang tidak relevan, serta kebutuhan pemeriksaan ulang. Oleh karena itu, uji kesesuaian kolimator perlu dilakukan secara berkala sesuai ketentuan BAPETEN dan Kementerian Kesehatan.

**Tujuan:** Penelitian ini bertujuan mengetahui prosedur uji kolimasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta serta mengevaluasi kesesuaian lapangan cahaya dengan lapangan radiasi pada pesawat sinar-X konvensional GE Optima XR200amx berdasarkan standar toleransi BAPETEN. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan instrumen kawat berbentuk huruf “L” sebagai acuan batas cahaya. Pengujian dilakukan pada jarak fokus ke film (FFD) 100 cm dengan parameter 70 kVp dan 10 mAs, serta tiga kali pengulangan. Data deviasi lapangan cahaya dan radiasi dianalisis dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap toleransi maksimum  $\pm 2\%$  dari FFD.

**Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan deviasi pada sumbu horizontal sebesar 0,34–0,52 cm dan pada sumbu vertikal sebesar 0,75 cm. Jika dikonversikan terhadap FFD 100 cm, deviasi berada pada kisaran 0,34%–0,75%, sehingga masih memenuhi batas toleransi. Dengan demikian, kolimator dinyatakan layak digunakan.

**Kesimpulan:** Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa prosedur uji kolimasi di RS Tingkat III dr. Soetarto telah sesuai standar, dan deviasi kolimasi berada dalam kategori aman. Pengujian berkala tetap diperlukan untuk menjaga mutu citra dan peningkatan proteksi radiasi.

**Kata kunci:** uji kolimasi, kolimator, sinar-X.

## ABSTRACT

**Background:** X-ray machines are radiodiagnostic devices that play an important role in supporting the diagnostic process by producing images of internal body structures. One of the vital components that determines both image quality and patient safety is the collimator, which functions to limit and direct the radiation beam only to the required area. Misalignment in collimation can cause cut-off images, increase radiation exposure to irrelevant tissues, and lead to repeat examinations. Therefore, collimator conformity testing must be performed regularly in accordance with regulations set by BAPETEN and the Ministry of Health.

**Objective:** This study aims to determine the collimation testing procedures at the Radiology Department of Level III dr. Soetarto Hospital, Yogyakarta, and to evaluate the conformity between the light field and the radiation field on the GE Optima XR200amx conventional X-ray machine based on BAPETEN tolerance standards. The research method used a quantitative approach with an L-shaped wire as the primary instrument to mark the boundary of the light field. Testing was conducted at a focus-to-film distance (FFD) of 100 cm using 70 kVp and 10 mAs, repeated three times. Deviations between the light and radiation fields were analyzed by comparing the measurements to the maximum tolerance of  $\pm 2\%$  of the FFD.

**Results:** The results showed deviations on the horizontal axis of 0.34–0.52 cm and 0.75 cm on the vertical axis. When converted to an FFD of 100 cm, these deviations correspond to 0.34%–0.75%, which remain within the allowable tolerance limits. Thus, the collimator is considered suitable for use.

**Conclusion:** The study concludes that the collimation testing procedure at Level III dr. Soetarto Hospital complies with national standards, and the observed collimator deviations fall within the safe category. Regular testing is still required to maintain image quality and enhance radiation protection.

**Keywords:** collimation test, collimator, X-ray.



## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>                        | <b>ii</b>  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>                          | <b>iii</b> |
| <b>SURAT PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI .....</b> | <b>iv</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                             | <b>v</b>   |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                    | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                              | <b>x</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                              | <b>xi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                         | <b>1</b>   |
| A. Latar Belakang .....                                | 1          |
| B. Rumusan Masalah .....                               | 4          |
| C. Tujuan Penelitian.....                              | 4          |
| D. Manfaat Penelitian .....                            | 5          |
| E. Batasan Penelitian .....                            | 5          |
| F. Keaslian Penelitian .....                           | 7          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                   | <b>9</b>   |
| A. Tinjauan Teori.....                                 | 9          |
| B. Kerangka Teori .....                                | 19         |
| C. Kerangka Konsep .....                               | 20         |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                 | <b>21</b>  |
| A. Jenis dan Rancangan Penelitian .....                | 21         |
| B. Waktu dan Tempat Penelitian .....                   | 21         |
| C. Populasi dan Subyek Penelitian .....                | 21         |
| D. Identifikasi Variabel Penelitian.....               | 22         |
| E. Instrumen Penelitian.....                           | 22         |
| F. Prosedur Pengumpulan Data.....                      | 23         |
| G. Pengolahan Analisis Data .....                      | 24         |
| H. Etika Penelitian .....                              | 26         |
| I. Alur Penelitian .....                               | 26         |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                | <b>30</b>  |
| A. Hasil.....  | 30         |
| B. Pembahasan .....                                    | 40         |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                | <b>46</b>  |
| A. Kesimpulan .....                                    | 46         |
| B. Saran.....  | 47         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                  |            |
| <b>LAMPIRAN</b>  |            |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1.1 Keaslian Penelitian .....                                   | 7  |
| Tabel 3.1 Uji dan Cara Pengukuran.....                                | 25 |
| Tabel 4.1 Hasil uji Kesesuaian Kolimasi dengan Metode Kawat “L” ..... | 39 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Tabung Sinar-X (Indrati etal, 2017) .....                     | 12 |
| Gambar 2.2 Generator Tegangan Tinggi (Bushong, 2017).....                | 14 |
| Gambar 2.3 Kolimator (Bushong, 2017) .....                               | 15 |
| Gambar 2.4 Pengujian Kesesuaian Kolimator (Fransiska & Nehru, 2018)..... | 18 |
| Gambar 2.5 Kerangka Teori.....   | 19 |
| Gambar 2,6 Kerangka Konsep.....  | 21 |
| Gambar 3.5 Ketidak Sesuaian Lapangan Kolimasi .....                      | 28 |
| Gambar 4.1 Pesawat Sinar X Konvensional .....                            | 30 |
| Gambar 4.2 Kaset atau Image Reseptor .....                               | 31 |
| Gambar 4.3 Kawat “L” .....   | 31 |
| Gambar 4.4 Waterpas.....   | 32 |
| Gambar 4.5 Hasil Radiograf (1) .....                                     | 34 |
| Gambar 4.6 Hasil Radiograf (2) .....                                     | 34 |
| Gambar 4.7 Hasil Radiograf (3) .....                                     | 34 |
| Gambar 4.8 Hasil uji (1).....  | 35 |
| Gambar 4.9 Hasil Uji (2).....  | 36 |
| Gambar 4.10 Hasil Uji (3).....   | 36 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Surat Ijin Penerimaan Penelitian
- Lampiran 2 Tabel Jadwal Penelitian
- Lampiran 3 Tabel Observasi
- Lampiran 4 Gambar Uji
- Lampiran 5 Tabel Hasil Uji
- Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Pesawat sinar-X merupakan salah satu perangkat radiagnostik yang banyak digunakan dalam dunia medis untuk membantu proses diagnosis dengan menghasilkan citra bagian dalam tubuh manusia. Sistem kerja pesawat ini melibatkan pemancaran sinar-X yang diarahkan ke bagian tubuh tertentu, kemudian menembus jaringan dan ditangkap oleh detektor atau film sehingga terbentuk citra radiograf. Komponen utama dalam pesawat sinar-X meliputi tabung sinar-X, generator, meja konsul, serta kolimator yang berperan penting dalam mengatur arah dan luas pancaran sinar (Wihardja & Kodir, 2019).

Komponen yang memiliki peran krusial dalam menjamin kualitas pencitraan dan keselamatan radiasi adalah kolimator. Kolimator merupakan alat pembatas radiasi yang berfungsi untuk mempersempit dan mengarahkan berkas sinar-X hanya ke area yang dibutuhkan, sehingga dapat mengurangi radiasi tersebar, menurunkan paparan terhadap jaringan yang tidak perlu, dan meningkatkan kualitas gambar. Kolimator terdiri dari dua pasang pelat timbal (shutter) yang dapat digerakkan secara berlawanan arah. Oleh karena itu, kinerja kolimator yang optimal sangat penting dalam menunjang kualitas radiografi, yang menuntut adanya pemeliharaan secara berkala melalui program kendali mutu (Sari, Sriyatun, & Wahyuni, 2017).

Pelaksanaan program kendali mutu sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh peralatan yang berkaitan dengan sumber radiasi maupun

peralatan penunjang lainnya berfungsi secara optimal dan memenuhi standar yang telah ditentukan. Kendali mutu bertujuan untuk menjamin kualitas hasil dari prosedur yang melibatkan penggunaan sumber radiasi, sehingga dapat mengurangi kemungkinan pengulangan pengambilan gambar yang dapat menyebabkan pasien menerima paparan radiasi berulang (Indrati et al., 2017).

Kendali mutu merupakan komponen dari program jaminan mutu yang berfokus pada penggunaan teknologi dalam memantau dan menjaga aspek teknis dari sistem yang berpengaruh terhadap kualitas citra radiografi. Salah satu parameter utama dalam pengujian pesawat sinar-X adalah kolimator. Pengujian kendali mutu terhadap kolimator mencakup beberapa aspek, antara lain uji iluminasi, uji celah (shutter) kolimator, serta uji kesesuaian antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi (Papp & Jeffrey, 2019).

Pengujian kolimator sangat penting dilakukan karena berpengaruh langsung terhadap besarnya dosis radiasi yang diterima pasien serta kualitas citra yang dihasilkan. Tanpa pengujian yang rutin, kolimator berisiko mengalami berbagai permasalahan, seperti ketidaktepatan iluminasi, ketidaksesuaian antara lapangan cahaya dan berkas radiasi, serta ketidaklurusan antara arah berkas sinar-X dengan bidang penyinaran. Selain itu, kondisi shutter yang tidak tertutup sempurna, ketidaksejajaran, atau ketidaksimetrian antara sisi vertikal dan horizontal kolimator dapat menyebabkan pergeseran bidang penyinaran yang berdampak pada citra radiograf yang terpotong (Sudarsih et al., 2018).

Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 2 Tahun 2022 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X untuk Diagnostik dan Intervensi Radiologi, kolimator termasuk dalam parameter penting yang harus diuji pada pesawat sinar-X. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan berada dalam kondisi andal dan layak digunakan, baik untuk kepentingan diagnostik maupun tindakan intervensi radiologi, sehingga keselamatan pasien dan mutu citra dapat tetap terjaga.

Merujuk pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu Peralatan Radiodiagnostik, pelaksanaan uji kesesuaian terhadap lapangan kolimasi sinar-X perlu dilakukan secara berkala, yaitu satu kali setiap bulan atau setelah dilakukan perbaikan maupun pemeliharaan pada komponen tabung dan kolimator. Ketidaksesuaian antara ukuran bidang kolimasi dengan pancaran sinar-X dapat berdampak pada kualitas citra radiografis, karena bagian anatomi yang seharusnya diperiksa bisa tidak terlihat dengan jelas. Untuk memverifikasi kesesuaian kolimasi ini, terdapat beberapa metode pengujian yang dapat digunakan, di antaranya metode kawat berbentuk huruf “L”, metode koin, dan penggunaan alat bantu seperti *Collimator Test Tool*.

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan di Rumah Sakit DKT Dr. Soetarto Tingkat III, pengujian kolimator terakhir dilakukan pada 20 Januari 2024 dan belum dilakukan pengujian kembali hingga saat ini. Selama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL), penulis sering menjumpai beberapa permasalahan teknis, seperti citra pemeriksaan abdomen yang

terpotong, penggunaan satu kaset untuk dua proyeksi pada pemeriksaan manus yang menyebabkan superposisi, serta ketidaktepatan titik bidik yang mengharuskan operator menggeser posisi tabung. Hal ini menimbulkan dugaan bahwa terdapat pergeseran fungsi kolimator yang berdampak pada kualitas hasil radiograf. Berdasarkan kondisi tersebut, penulis tertarik untuk mengangkat permasalahan ini dalam bentuk karya tulis ilmiah dengan judul: **“Uji Kesesuaian Lapangan Kolimator pada Pesawat Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yogyakarta”**.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Prosedur uji kolimasi dengan Metode Kawat “L” di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yogyakarta?
2. Apakah nilai deviasi antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi pada pesawat sinar-x di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yogyakarta berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas tenaga Nuklir (BAPETEN) No.2 Tahun 2022

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui prosedur uji kolimasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta.
2. Untuk mengetahui kesesuaian antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi pada pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yogyakarta berdasarkan standar toleransi yang



ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensial.

#### **D. Manfaat Penelitian**

##### **1. Bagi Penulis**

Penelitian ini dapat menambah pengetahuan peneliti tentang bagaimana cara melakukan uji kesesuaian lapangan kolimator pada pesawat sinar-x dengan menggunakan metode kawat “L”

##### **2. Bagi Rumah Sakit**

Sebagai bahan tolak ukur dari data yang dihasilkan dalam pengujian kesesuaian lapangan kolimator.

#### **E. Batasan Penelitian**

1. Jenis pesawat sinar-X yang diuji adalah pesawat sinar-X konvensional merek *Optima XR200amx* yang digunakan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yongyakarta.
2. Parameter yang diteliti hanya terbatas pada uji kesesuaian lapangan kolimator, yaitu kesesuaian antara lapangan cahaya (light field) dengan lapangan radiasi (radiation field).
3. Pengambilan data dilakukan pada saat alat dalam kondisi operasional standar, sesuai dengan protokol pengujian dan panduan dari BAPETEN No. 2 Tahun 2022.
4. Penelitian ini tidak mencakup parameter uji kesesuaian lainnya, seperti akurasi tegangan, waktu paparan, linearitas dosis, atau kesesuaian AEC (Automatic Exposure Control).

5. Evaluasi hasil pengujian dibandingkan dengan toleransi yang ditetapkan dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022, yaitu toleransi penyimpangan maksimal  $\leq 2\%$  dari jarak fokus ke film (FFD/SID) pada masing-masing sisi.

## F. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

| Nama Peneliti   | Judul  | Tahun | Persamaan  | Perbedaan  | Kesimpulan  |
|---|--|-------|--|--|---|
| Jhon Wesly Manik,<br>Budi Hariyanto,<br>Erwan Abdullah          | ANALISIS KESESUAIAN<br>LAPANGAN KOLIMASI<br>PADA ALAT DIGITAL<br>RADIOGRAF   | 2021  | Membahas tentang uji<br>kesesesuaian lapangan<br>kolimator | Peneliti menggunakan<br>metode metode uji kawat “L”  | Hasil pengujian mengalami<br>ketidaksesuaian atau<br>peryimpangan.          |
| Enggel<br>Fransiska, Nehru<br>dan<br>Muhammad<br>Ficky Afrianto | UJI KESESUAIAN<br>BERKAS SINAR-X<br>DENGAN BERKAS<br>KOLIMATOR PADA<br>PESAWAT SINAR-X DI<br>INSTALASI RADIOLOGI<br>RSUD RADEN<br>MATTAHER JAMBI | 2018  | Uji kesesesuaian lapangan<br>kolimator                     | Menggunakan tiga unit<br>pesawat sinar x sedangkan<br>peneliti menggunakan satu<br>unit pesawat sinar-x. | Hasil pengujian pesawat sinar x<br>masih dalam batas aman/ <i>satisfy</i> . |

---

|                                  |   |      |                                      |  |   |
|----------------------------------|---|------|--------------------------------------|--|---|
| D Martina,<br>Susilo dan Sunarno | UJI KOLIMATOR PADA<br>PESAWAT SINAR-X<br>MERK/<br>TYPE MEDNIF/SF-100BY<br>DI LABORATORIUM<br>FISIKA MEDIK<br>MENGUNAKAN<br>UNIT RMI | 2015 | Uji kesesuaian lapangan<br>kolimator | penulis tidak menggunakan<br>beam alignment test tool. | Hasil pengujian<br>mengalami<br>penyimpangan. |
|----------------------------------|---|------|--------------------------------------|--|---|

---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-X merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan radiasi sinar-X melalui proses fisika di dalam tabung hampa. Proses ini melibatkan percepatan elektron hingga mencapai kecepatan tinggi, kemudian diarahkan menuju target logam. Ketika elektron tersebut mengalami deselerasi secara mendadak akibat tumbukan dengan target, maka sinar-X akan dipancarkan. Secara struktural, sistem sinar-X terdiri dari tiga komponen utama, yaitu tabung sinar-X, generator tegangan tinggi, dan panel kontrol (Septina et al., 2022).

##### a. Produksi Sinar-X

Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang sangat pendek, sehingga memiliki kemampuan untuk menembus jaringan tubuh manusia (Indrati et al., 2017). Proses pembentukan sinar-X berlangsung di dalam tabung sinar-X. Adapun tahapan terjadinya produksi sinar-X dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Katoda dalam tabung sinar-X berfungsi sebagai filamen. Ketika arus listrik dialirkan melalui filamen, suhu filamen meningkat sehingga memicu pelepasan elektron dari permukaannya. Proses pelepasan elektron akibat pemanasan ini dikenal dengan istilah emisi termionik.

- 2) Anoda berperan sebagai target dalam tabung sinar-X, umumnya terbuat dari material seperti tungsten atau molibdenum. Elektron yang dipercepat dari katoda akan menghantam anoda dengan energi tinggi. Jenis material anoda yang digunakan turut menentukan kualitas sinar-X yang dihasilkan.
- 3) Ketika terdapat perbedaan tegangan tinggi antara katoda (elektroda negatif) dan anoda (elektroda positif), elektron yang diemisikan dari katoda akan dipercepat menuju anoda dengan kecepatan sangat tinggi.
- 4) Tumbukan antara elektron berenergi tinggi dari katoda dengan atom-atom pada target anoda dapat menyebabkan elektron orbital dari atom target terlepas atau terpental keluar akibat transfer energi yang besar.
- 5) Ketika elektron dalam orbital atom target terlepas akibat tumbukan, terbentuklah kekosongan pada tingkat energi tersebut. Untuk menjaga kestabilan struktur atom, elektron dari kulit luar akan berpindah ke posisi yang kosong. Perpindahan ini menghasilkan perbedaan energi antar orbit, yang dilepaskan dalam bentuk radiasi sinar-X karakteristik.
- 6) Perpindahan elektron dari orbit dengan energi lebih tinggi (kulit terluar) ke orbit yang lebih dalam (kulit lebih dalam) akan menghasilkan pelepasan energi dalam bentuk radiasi.

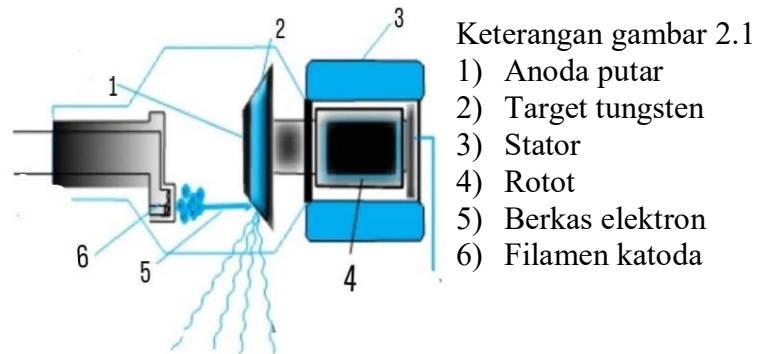
- 7) Energi yang tersisa akibat perpindahan elektron tersebut kemudian dipancarkan dalam bentuk foton, menghasilkan sinar-X karakteristik.
- 8) Ketika elektron yang bergerak cepat mendekati inti atom dan mengalami pembelokan atau perlambatan, proses ini menghasilkan radiasi Bremsstrahlung, yang juga merupakan bentuk sinar-X.

b. Tabung Sinar-X

Sinar-X yang dihasilkan dipancarkan secara isotropis, yang berarti intensitas sinar-X tersebut tersebar merata ke segala arah. Sinar-X yang keluar dari tabung sinar-X melewati bagian khusus yang disebut jendela (window). Namun, sinar-X yang keluar melalui pelindung tabung sinar-X dikenal sebagai radiasi kebocoran (Bushong, 2017).

Tabung sinar-X yang dirancang dengan baik mampu mengurangi kebocoran radiasi hingga kurang dari 1 mGy per jam pada jarak 100 cm ketika beroperasi pada kondisi maksimum. Tabung sinar-X juga dilengkapi dengan stop kontak tegangan tinggi yang dirancang khusus untuk mencegah sengatan listrik yang tidak diinginkan. Selain itu, rumah pelindung pada tabung sinar-X

berfungsi untuk melindungi perangkat tersebut dari kerusakan akibat penanganan yang tidak tepat (Bushong, 2017).



Gambar 2.1 Tabung Sinar-X (Indrati et al, 2017)

### 1) Katoda

Katoda pada tabung sinar-X berfungsi sebagai elektroda bermuatan negatif dan terdiri dari dua bagian utama, yaitu *filamen* dan cangkir fokus (*focusing cup*). Filamen, yang terbuat dari kawat tungsten yang melingkar, berperan sebagai sumber elektron saat proses pembentukan sinar-X. Untuk menghasilkan sinar-X, diperlukan aliran elektron yang bergerak cepat yang kemudian diperlambat atau dihentikan secara tiba-tiba (Fauber, 2016).

Sebagai sumber elektron, katoda dipanaskan sehingga elektron-elektron dipancarkan. Elektron yang terbebas dari katoda kemudian ditarik oleh anoda yang bermuatan positif dan bergerak cepat menuju anoda, di mana mereka dihentikan atau diperlambat. Proses ini menghasilkan sinar-X dan panas sebagai akibat dari transfer energi kinetik elektron ke anoda (Fauber, 2016).



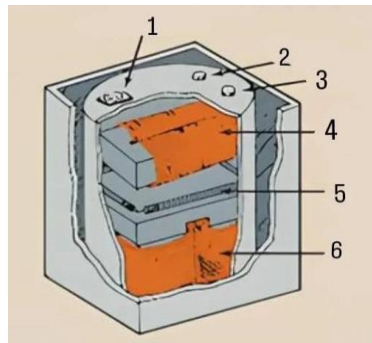
## 2) Anoda

Anoda merupakan elektroda positif dalam tabung sinar-X yang berfungsi menghantarkan listrik, membuang panas, dan menjadi tempat terjadinya interaksi antara elektron dan target. Terdapat dua jenis anoda, yaitu anoda stasioner dan anoda berputar. Anoda stasioner umumnya digunakan pada sistem pencitraan gigi, perangkat sinar-X portabel, dan peralatan khusus lainnya yang tidak memerlukan arus serta daya tabung yang tinggi (Bushong, 2017).

Elektron yang diemisikan dari katoda diarahkan ke anoda melalui tabung dan diteruskan melalui kabel penghubung kembali ke generator tegangan tinggi. Karena lebih dari 99% energi kinetik dari elektron diubah menjadi panas saat mengenai anoda—dan hanya sekitar 1% yang dikonversi menjadi sinar-X—anoda harus memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap dan menghantarkan panas. Target adalah area pada anoda yang menjadi titik tumbukan elektron dari katoda (Bushong, 2017).

### c. Generator Tegangan Tinggi

Generator tegangan tinggi dalam sistem pencitraan sinar-X berperan penting dalam meningkatkan tegangan dari autotransformator hingga mencapai kilovolt peak (kVp) yang dibutuhkan untuk proses pembangkitan sinar-X (Bushong, 2017).



Keterangan gambar 2.2

- 1) *Cap for oil fill*
- 2) *Cathode*
- 3) *Anode*
- 4) *Filament transformer*
- 5) *Diode rectifier*
- 6) *High-voltage transformer*

Gambar 2.2 Generator Tegangan Tinggi (Bushong, 2017)

#### d. Panel Kontrol

Panel kontrol pada sistem sinar-X dilengkapi dengan perangkat yang menampilkan berbagai parameter penyinaran. Sebelum pengoperasian pesawat sinar-X, pengguna perlu melakukan pengaturan awal terhadap parameterparameter penting, yaitu tegangan tabung (kV), kuat arus tabung (mA), dan waktu pemaparan (Aziz & Nababan, 2019).

#### 2. Kolimator

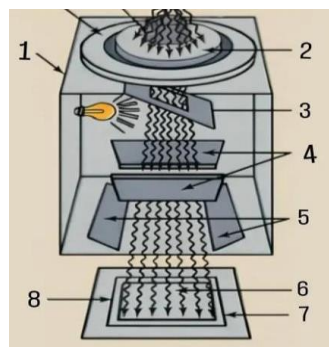
Kolimator adalah alat penting dalam sistem pencitraan sinar-X yang berfungsi untuk membatasi dan mengarahkan pancaran radiasi ke area tubuh tertentu. Dengan membatasi berkas sinar hanya pada wilayah yang relevan, kolimator membantu mengurangi paparan radiasi yang tidak perlu dan meminimalkan efek samping bagi pasien. Selain itu, kemudahan dalam penggunaan dan kemampuannya menyesuaikan luas area pencitraan menjadikannya pilihan utama dalam praktik radiologi (Bushong, 2017).

Struktur kolimator biasanya mencakup dua bagian penutup utama. Penutup bagian atas, yang bersifat tetap, berfungsi menyaring radiasi yang

keluar dari jalur fokus. Sementara itu, penutup bagian bawah dapat digerakkan secara menyilang untuk mengatur ukuran medan penyinaran baik secara vertikal maupun horizontal. Sistem ini juga dilengkapi dengan cahaya pandu yang diproyeksikan ke permukaan objek, sehingga memudahkan penentuan posisi area yang akan disinari (Bushong, 2017).

Kolimator modern juga menggunakan dua bilah timbal, yaitu bukaan kolimasi S1 dan S2, yang dirancang agar dapat bergerak serempak dalam arah berlawanan. Mekanisme ini memungkinkan pengaturan yang fleksibel terhadap lebar area penyinaran, sehingga dapat disesuaikan dengan ukuran dan bentuk objek pemeriksaan (Dabukke, 2018).

Visualisasi lengkap mengenai bentuk dan fungsi kolimator dapat ditemukan pada Gambar 2.3.



Keterangan gambar 2.3

- a. Tepi luar kolimator
- b. *Port* rumah tabung sinar-X
- c. Cermin
- d. *Shutter* pertama memanjang
- e. *Shutter* kedua menyilang
- f. Sinar guna
- g. Penumbra
- h. *Image reseptor*

Gambar 2.3 Kolimator (Bushong, 2017)

### 3. Kendali dan Mutu Kolimator

Program kendali mutu dirancang untuk memastikan bahwa ahli radiologi memperoleh gambar optimal yang dihasilkan oleh kinerja sistem pencitraan yang baik, sehingga menghasilkan dosis radiasi yang minimal kepada pasien. Pengendalian mutu dimulai dengan sistem pencitraan yang

digunakan untuk membuat gambar dan dilanjutkan dengan evaluasi rutin terhadap peralatan pencitraan. Kendali mutu diakhiri dengan analisis khusus kendali mutu terhadap setiap gambar untuk mengidentifikasi kesalahan dan artefak (beserta penyebabnya) sehingga meminimalkan pemeriksaan foto yang berulang-ulang (Faubert, 2016).

Semua peralatan radiologi baik peralatan sinar-X maupun pencitraan, harus menjalani uji penerimaan sebelum digunakan secara klinis. Kendali mutu bertujuan untuk menunjukkan bahwa perangkat beroperasi sesuai spesifikasi pabrikan. Jika sering digunakan, kinerja setiap bagian perangkat sinar x ini dapat berubah dan menurun, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian dan pemantauan atau setelah perbaikan maupun perawatan peralatan sinar x (Bushong, 2017).

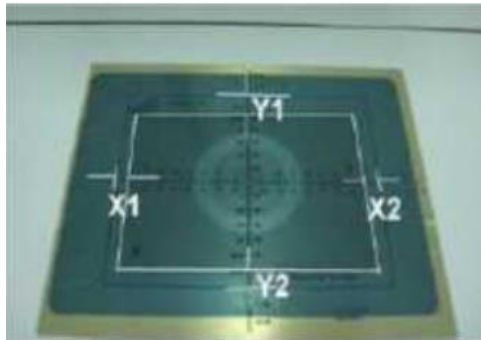
Menurut keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu peralatan radiodiagnostik, pada kegiatan pengujian kolimator ada beberapa metode uji terhadap kolimator pada pesawat sinar x. Pengujian terhadap lapangan kolimasi ada tiga, yaitu uji *iluminasi* lampu kolimator, uji efisiensi celah (*shutter*) kolimator, dan uji kesamaan berkas cahaya kolimator.

#### 4. Metode Uji Kesesuaian Lapangan Kolimator

Menurut peraturan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009 untuk pengendalian kendali mutu pada pengujian lapangan kolimator pada pesawat sinar x. Uji kesamaan berkas sinar x bertujuan untuk menentukan akurasi pada kesamaan antara berkas sinar x dan berkas cahaya dan mengevaluasi

ketetapan berkas sinar x dengan pusat berkas cahaya. Alat yang digunakan pada pengujian ini, alat uji kolimator (*collimator alignment test tool*), alat uji ketetapan berkas sinar x (*beam alignment test tool*), pita pengukur, film, dan kaset ukuran 24x30 cm.

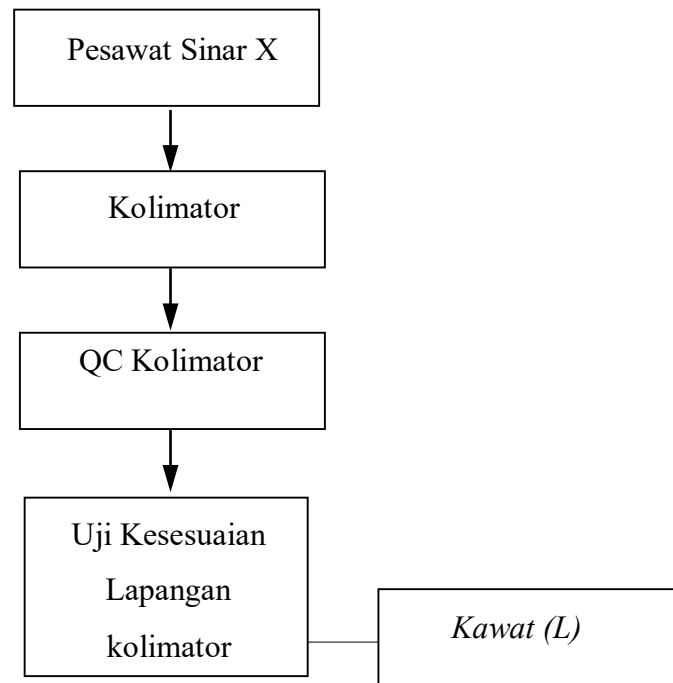
- a. Tempatkan kaset ukuran 24x30 cm pada permukaan yang datar.
- b. Sentrasi tabung sinar-X di tengah kaset dan atur FFD 100 cm.
- c. Tempatkan alat uji kolimator di pertengahan kaset.
- d. Sejajarkan cahaya kolimator secara tepat di dalam area persegi panjang plat test tool.
- e. Tempatkan beam alignment test tool di tengah area pencahayaan.
- f. Nyalakan lampu kolimator dan atur luas bidang cahaya sesuai dengan garis persegi panjang pada permukaan plat.
- g. Lakukan eksposi radiografi agar diperoleh densitas optis pada film.
- h. Proses film dan cek kesesuaian berkas sinar x dan x-ray beam alignment.
- i. Bandingkan hasil pengukuran dengan standard *Nacional Council On Radiation Protection* ( $\leq 2\%$  of FFD).
- j. Beam: Perhatikan pergeseran gambar kedua bola baja dalam film, dan bandingkan dengan standar *Nacional Council On Radiation Protection* ( $\leq 3^\circ$ ).



Gambar 2.4 Pengujian Kesesuaian Kolimator (Fransiska & Nehru, 2018)

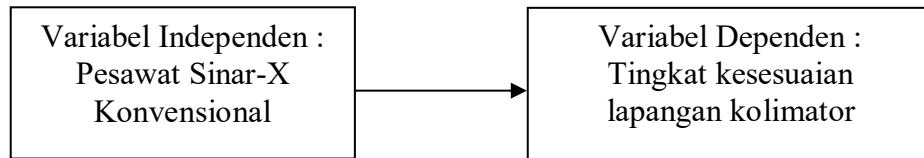
Frekuensi uji kesamaan kolimator dengan berkas sinar x dapat dilakukan 1 (satu) bulan sekali atau setelah perbaikan atau perawatan tabung dan kolimator. Batas aman untuk hasil uji kesamaan berkas sinar x dengan berkas cahaya kolimator adalah  $\leq 2\%$  dari FFD.

## B. Kerangka Teori



Gambar 2.5 Kerangka Teori

### C. Kerangka Konsep



Gambar 2.6 Kerangka Konsep



### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **A. Jenis dan Rancangan Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian kolimasi pada pesawat sinar-x merek *Optima XR200amx* di instalasi rumah sakit Tingkat III dr.Soetarto Yongyakarta Studi ini dilaksanakan dengan memanfaatkan metode kuantitatif untuk memperoleh data yang bersifat numerik.

##### **B. Tempat dan Waktu Penelitian**

Lokasi penelitian berada di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yongyakarta, dengan pelaksanaan penelitian yang dijadwalkan pada 15 Juli 2025.

##### **C. Populasi dan Subyek Penelitian**

###### **1. Populasi**

Populasi dalam penelitian ini adalah kolimator pada pesawat sinar-X konvensional merek *Optima XR200amx* yang digunakan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr.Soetarto Yongyakarta.

###### **2. Subyek**

Subjek dalam penelitian ini adalah uji kesesuaian lapangan kolimator pada pesawat sinar-X konvensional merek *Optima XR200amx*, yang dilakukan untuk menilai apakah luas lapangan penyinaran sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

##### **D. Identifikasi Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis variabel, yaitu:

1. Variabel independen (bebas): Pesawat sinar-X konvensional merek Optima XR200amx yang digunakan sebagai objek pengujian kolimator.
2. Variabel dependen (terikat): Tingkat kesesuaian lapangan kolimator, yang dinilai berdasarkan penyimpangan antara batas cahaya kolimator dengan kaset.

#### **E. Instrumen Penelitian**

Bahan dan instrumen yang digunakan oleh peneliti dalam pelaksanaan uji kesesuaian lapangan kolimator adalah sebagai berikut:

1. Pesawat sinar-X merek *Optima XR200amx*  
Digunakan sebagai objek utama dalam pengujian kesesuaian lapangan kolimator.
2. Image Receptor (IR)  
Berfungsi untuk menangkap citra hasil penyinaran selama proses pengujian.
3. Alat ukur lapangan kolimator (Kawat “L”)  
Digunakan untuk mengukur kesesuaian ukuran lapangan radiasi yang diproyeksikan oleh kolimator.
4. Waterpass  
Alat bantu untuk memastikan posisi peralatan berada pada permukaan yang datar dan sejajar.
5. Alat tulis  
Digunakan untuk mencatat hasil observasi dan data selama proses penelitian.

6. Kamera

Berfungsi untuk mendokumentasikan proses dan hasil pengujian.

7. Tabel hasil uji penelitian

Digunakan untuk mencatat dan menyusun data hasil pengukuran secara sistematis.

8. Pedoman observasi

Sebagai acuan dalam melakukan pencatatan selama proses observasi guna menjaga konsistensi dan objektivitas data.

**F. Prosedur Pengumpulan data**

Prosedur pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti dalam pelaksanaan uji kesesuaian lapangan kolimator meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Observasi lapangan

Peneliti melakukan pengamatan secara langsung di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta. Observasi bertujuan untuk mengidentifikasi adanya potensi ketidaksesuaian pada kolimator, seperti citra yang terpotong, ketidaktepatan titik bidik, serta kurangnya pengujian berkala. Hasil observasi digunakan sebagai dasar penentuan pentingnya dilakukan uji kesesuaian lapangan kolimator.

2. Pengujian

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengujian terhadap kesesuaian lapangan kolimator menggunakan alat bantu berupa collimator test tool. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah proyeksi cahaya kolimator

sesuai dengan batas radiasi yang dihasilkan oleh pesawat sinar-X konvensional.

### 3. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan melalui pencatatan dan pengambilan gambar selama proses pengujian berlangsung. Hasil pengamatan dan pengukuran yang diperoleh didokumentasikan dalam bentuk foto maupun tabel, sebagai bukti visual dan data kuantitatif dari hasil pengujian kesesuaian lapangan kolimator.

## **G. Pengolahan dan Analisis Data**

### 1. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif yang dikumpulkan melalui observasi langsung, pengujian, serta dokumentasi selama proses uji kesesuaian lapangan kolimator. Seluruh data hasil pengukuran dicatat secara sistematis oleh peneliti berdasarkan hasil pengujian pada pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi Tingkat III dr. Soetarto Yongyakarta.

### 2. Analisis Data

Data hasil pengukuran kemudian dianalisis dengan membandingkannya terhadap batas toleransi yang ditetapkan dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 . Pengujian dinyatakan sesuai atau aman apabila penyimpangan batas lapangan radiasi terhadap lapangan cahaya tidak melebihi  $\leq 2\%$  dari jarak fokus ke film (FFD). Hasil

akhir dari analisis ini digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai tingkat kesesuaian lapangan kolimator pada pesawat sinar-X yang diuji.

Tabel 3.1 Uji dan cara pengukuran

| NO | Parameter yang di ukur                                   | Alat ukur                 | Satuan | Metode pengukuran   | Batas toleransi  |
|----|--|---------------------------|--------|---|--|
| 1  | Deviasi sisi kiri lapangan cahaya dan radiasi ( $X_1$ )  | Kawat “L” dan hasil film  | cm     | Mengukur selisih antara batas kiri lapangan cahaya kolimator dan batas radiasi pada film  | $\leq 2\%$ dari FFD ( $\pm 2\text{cm}$ dari FFD 100cm) |
| 2  | Deviasi sisi kanan lapangan cahaya dan radiasi ( $X_1$ ) | Kawat “L” dan hasil film  | cm     | Mengukur selisih antara batas kanan lapangan cahaya kolimator dan batas radiasi pada film | $\leq 2\%$ dari FFD ( $\pm 2\text{cm}$ dari FFD 100cm) |
| 3  | Deviasi sisi atas lapangan cahaya dan radiasi ( $Y_1$ )  | Kawat “L” dan hasil film  | cm     | Mengukur selisih antara batas atas lapangan cahaya kolimator dan batas radiasi pada film  | $\leq 2\%$ dari FFD ( $\pm 2\text{cm}$ dari FFD 100cm) |
| 4  | Deviasi sisi bawah lapangan cahaya dan radiasi ( $Y_2$ ) | Kawat “L” dan hasil film  | cm     | Mengukur selisih antara batas bawah lapangan cahaya kolimator dan batas radiasi pada film | $\leq 2\%$ dari FFD ( $\pm 2\text{cm}$ dari FFD 100cm) |
| 5  | Deviasi total sumbu horizontal dan vertikal              | Perhitungan rumus deviasi | cm     | Deviasi horizontal= $(X_1 + X_2)/2$ . Deviasi Vertikal= $(Y_1 + Y_2)/2$                   | $\leq 2\%$ dari FF                                     |

## H. Etika Penelitian

Etika penelitian merupakan prinsip-prinsip moral yang harus dijunjung tinggi selama pelaksanaan penelitian, terutama yang melibatkan peneliti, subjek penelitian, serta masyarakat yang mungkin terdampak atau memperoleh manfaat dari hasil penelitian (Notoatmodjo, 2014). Sebelum pelaksanaan penelitian, peneliti terlebih dahulu memperoleh persetujuan dari dosen pembimbing sebagai bentuk persetujuan akademik. Selanjutnya, peneliti juga mengajukan permohonan izin secara resmi kepada pihak Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta untuk mendapatkan persetujuan pelaksanaan penelitian di lokasi tersebut.

## I. Alur Penelitian

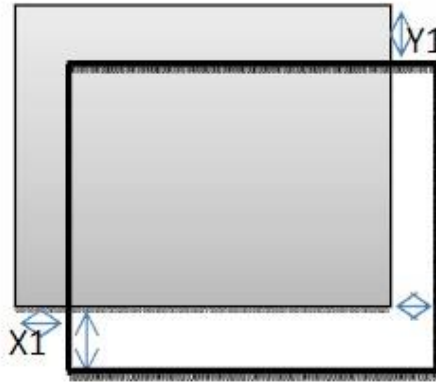
1. Prosedur uji kesesuaian lapangan kolimator menggunakan metode kawat “L”
  - a. Persiapan Alat dan Bahan: Menyiapkan seluruh peralatan yang diperlukan, termasuk pesawat sinar-X, kaset atau image receptor, kawat “L”, serta alat bantu lainnya.
  - b. Penyesuaian Posisi Tabung Sinar-X: Memastikan tabung sinar-X berada pada posisi tegak lurus dengan sudut  $0^\circ$ , untuk menjamin keselarasan antara berkas sinar dan lapangan cahaya kolimator.
  - c. Penempatan *Image Receptor* dan Pengaturan FFD: Meletakkan kaset atau *image receptor* di atas meja pemeriksaan, kemudian mengatur jarak fokus ke film (FFD) sebesar 100 cm.

- d. Pemasangan kawat “L”: Menempatkan kawat “L” di atas kaset, memastikan alat tersebut sejajar dengan luas cahaya kolimasi.
- e. Pengaturan Lapangan Cahaya Kolimator: Menyalakan lampu kolimator dan menyesuaikan luas lapangan cahaya agar sesuai dengan batas-batas yang ditandai dengan kawat.
- f. Pengaturan Parameter Eksposi: Mengatur faktor eksposi pada 70 kVp dan 10 mAs, atau sesuai dengan kombinasi *film/screen* yang digunakan, untuk memperoleh densitas film yang optimal.
- g. Pelaksanaan Eksposi: Melakukan penyinaran sesuai dengan parameter yang telah ditentukan sebanyak 3x(kali) pengulangan.
- h. Analisis Hasil Pengujian: Setelah proses eksposi, mengukur dan mencatat hasil proyeksi lapangan radiasi yang terlihat pada film radiograf. Kemudian, menganalisis hasil pengukuran untuk setiap 3x(kali) pengulangan untuk melihat apakah ada perbedaan dan juga untuk mengetahui rata-rata penyimpangan dari batas toleransi yang diizinkan.

## 2. Prosedur Pencatatan Data

Setelah pelaksanaan uji kesesuaian lapangan kolimator, tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran terhadap hasil citra radiograf. Pengukuran dilakukan dengan menghitung selisih antara tepi gambaran kawat “L” dan batas lapangan sinar-X yang terekam pada film radiograf. Ketidak sesuaian dinyatakan terjadi apabila kawat tidak sejajar atau tidak simetris terhadap batas lapangan radiasi, yang mengindikasikan bahwa

lapangan cahaya kolimator tidak sesuai dengan lapangan radiasi aktual yang dipancarkan



Gambar 3.1 Ketidak Suaian Lapangan Kolimasi

Keterangan:

$X_1$  : Selisih antara batas cahaya kolimator dan batas radiasi pada sisi kiri citra radiograf

$X_2$  : Selisih antara batas cahaya kolimator dan batas radiasi pada sisi kanan citra radiograf.

$Y_1$  : Perbedaan antara batas atas lapangan cahaya dan hasil proyeksi radiasi pada sisi atas.

$Y_2$  : Perbedaan antara batas bawah lapangan cahaya dan hasil proyeksi radiasi pada sisi bawah.

Pengujian kesesuaian lapangan kolimator mengacu pada ketentuan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009, yang mengikuti standar dari *National Council on Radiation Protection and Measurements* (NCRP), dengan batas toleransi maksimum sebesar  $\leq 2\%$  dari jarak fokus ke film (FFD). Setelah diperoleh nilai penyimpangan masing-masing sisi, yaitu  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_1$ , dan  $Y_2$ , tahap selanjutnya adalah menghitung nilai rata-rata penyimpangan pada sumbu horizontal dan vertikal dengan rumus sebagai berikut:



$$X_1 + X_2 \leq 2 \% \text{ FFD}$$

$$Y_1 + Y_2 \leq 2 \% \text{ FFD}$$

Hasil dari perhitungan tersebut kemudian dianalisis. Jika nilai rata-rata penyimpangan masih berada di bawah atau sama dengan 2% dari FFD, maka sistem kolimasi dianggap andal dan sesuai standar. Sebaliknya, apabila penyimpangan melebihi batas tersebut, maka sistem kolimator dinyatakan tidak andal dan disarankan untuk dilakukan penyesuaian atau perbaikan, sebagaimana tercantum dalam peraturan (Kemenkes RI Nomor 1250 Tahun 2009). yang berlaku.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

1. Prosedur uji kolimasi dengan Metode Kawat “L” di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta, prosedur uji kesesuaian lapangan kolimator dengan menggunakan metode kawat ‘L’ dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang terstruktur sebagai berikut:

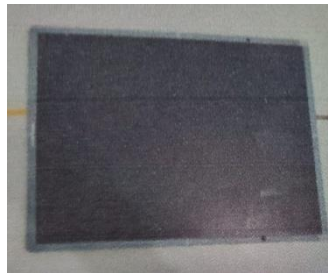
- a. Persiapan alat dan bahan

Pesawat sinar-X konvensional merek *GE Optima XR200amx* yang digunakan sebagai sumber radiasi dalam pelaksanaan uji kesesuaian lapangan kolimator. Pesawat ini berfungsi menghasilkan berkas sinar-X yang diperlukan untuk proses pencitraan radiografi.



Gambar 4.1 Pesawat Sinar-X Konvensional *GE Optima XR200amx*

Kaset atau *image receptor* yang berfungsi sebagai media perekam hasil penyinaran. Perangkat ini digunakan untuk menangkap radiasi yang melewati objek uji sehingga dapat dilakukan proses evaluasi terhadap kesesuaian lapangan kolimator.



Gambar 4.2 Kaset/*Image Receptor*

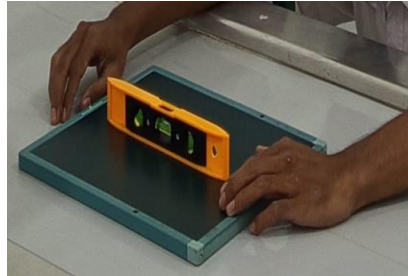
Kawat berbentuk huruf ‘L’ yang digunakan sebagai penanda batas lapangan cahaya kolimator. Kawat ini ditempatkan pada permukaan kaset dengan tujuan sebagai acuan dalam mengukur dan menilai tingkat kesesuaian antara lapangan cahaya kolimator dengan lapangan radiasi aktual.



Gambar 4.3 Kawat “L”

Waterpass digunakan untuk memastikan posisi kaset berada dalam kondisi sejajar serta stabil. Alat ini berfungsi agar

proses pengujian dapat berlangsung secara akurat dan meminimalkan potensi kesalahan akibat ketidaktepatan posisi.



Gambar 4.4 Waterpass

b. Pengaturan posisi tabung dan FFD

Tabung sinar-X diposisikan secara tegak lurus terhadap meja pemeriksaan guna memastikan arah berkas radiasi sejajar dengan bidang kaset atau image receptor. Selanjutnya, jarak fokus ke film (FFD) diatur sebesar 100 cm sesuai dengan standar pemeriksaan radiografi. Pengaturan ini bertujuan untuk memperoleh hasil pengujian yang konsisten serta meminimalisasi distorsi pada citra radiograf.

c. Penempatan kawat 'L'

Kawat berbentuk huruf 'L' ditempatkan di atas kaset atau image receptor dengan mengikuti batas lapangan cahaya kolimator. Penempatan ini bertujuan untuk menjadi acuan dalam membandingkan kesesuaian antara lapangan cahaya kolimator dengan lapangan radiasi aktual yang dihasilkan. Dengan demikian, apabila terdapat penyimpangan atau ketidaksesuaian,

hal tersebut akan tampak jelas pada hasil citra radiograf. Tahap penempatan kawat 'L' ini ditunjukkan pada Gambar 4.3

d. Atur cahaya kolimasi

Setelah kawat 'L' ditempatkan pada posisi yang sesuai, kolimator diaktifkan untuk memproyeksikan cahaya ke permukaan kaset. Selanjutnya, batas lapangan cahaya disesuaikan hingga sejajar dengan posisi kawat 'L'. Pengaturan ini bertujuan untuk memastikan bahwa lapangan cahaya kolimator yang terlihat secara visual sesuai dengan batas lapangan radiasi yang akan terekam pada citra radiograf.

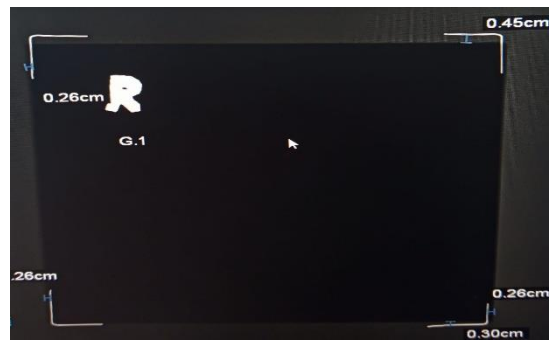
e. Pelaksanaan eksposi

Pada tahap pelaksanaan eksposi, digunakan parameter teknik sebesar 70 kVp dan 10 mAs. Pemilihan parameter tersebut disesuaikan dengan standar yang umum digunakan dalam uji kesesuaian lapangan kolimator agar diperoleh kualitas citra radiograf yang optimal. Proses penyinaran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dengan kondisi yang sama. Pengulangan ini bertujuan untuk memastikan konsistensi hasil serta meningkatkan tingkat akurasi data yang diperoleh dari pengujian.

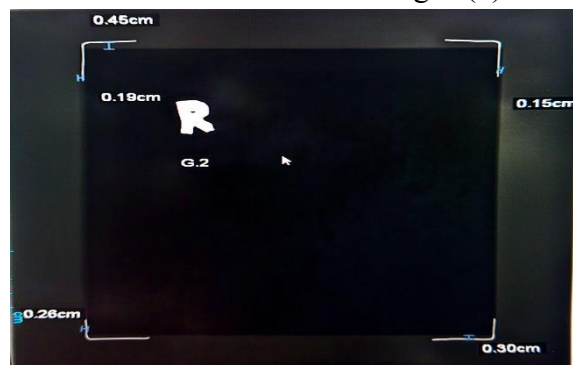
f. Hasil radiograf

Setelah proses eksposi selesai, diperoleh citra radiograf yang menunjukkan adanya perbedaan antara batas lapangan cahaya

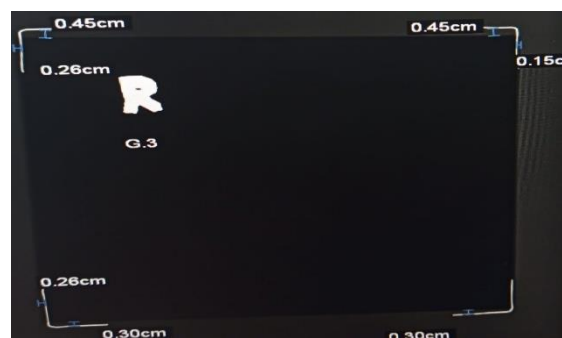
kolimator dengan lapangan radiasi aktual. Evaluasi dilakukan dengan cara melakukan pengukuran langsung pada citra digital untuk menentukan tingkat kesesuaian antara keduanya.



Gambar 4.5 Hasil Radiograf(1)



Gambar 4.6 Hasil Radiograf (2)

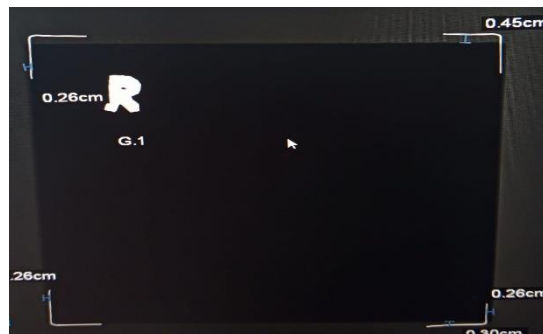


Gambar 4.7 Hasil Radiograf (3)

Hasil pengukuran ini menjadi dasar dalam menilai apakah penyimpangan yang terjadi masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar uji kesesuaian kolimator.

2. Hasil nilai deviasi antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi pada pesawat sinar-X berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh BAPETEN

Setelah prosedur uji dilaksanakan, diperoleh citra radiograf yang menunjukkan adanya perbedaan antara batas cahaya kolimator dengan lapangan radiasi aktual. Selanjutnya, hasil pengukuran deviasi pada setiap sisi lapangan radiasi *Software (Image/fiji)* untuk citra digital, dapat diamati sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.8 Hasil Uji (1)

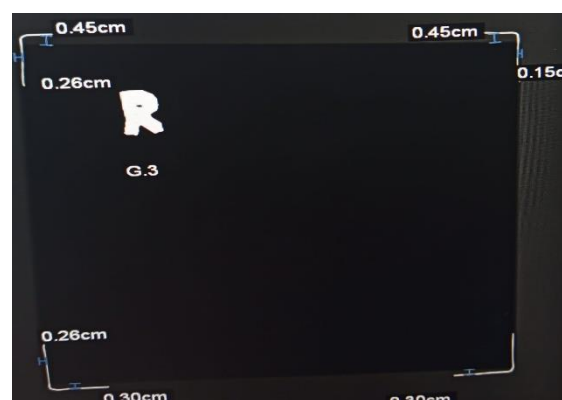
Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4.8, diperoleh nilai deviasi antara batas cahaya dengan batas radiasi sinar-X menggunakan *Software (Image/fiji)* untuk citra digital. Pada sumbu X, sisi kiri (X1) menunjukkan deviasi sebesar 0,26 cm, sedangkan sisi kanan (X2) sebesar 0,26 cm. Pada sumbu Y, sisi atas (Y1) menunjukkan deviasi

sebesar 0,45 cm, sementara sisi bawah (Y2) memiliki deviasi terbesar yaitu 0,30 cm.



Gambar 4.9 Hasil Uji (2)

Gambar 4.9, diperoleh nilai deviasi antara batas cahaya dengan batas radiasi sinar-X menggunakan *Software (Image/fiji)* untuk citra digital. Pada sumbu X, sisi kiri (X1) menunjukkan deviasi sebesar 0,15 cm, sedangkan sisi kanan (X2) sebesar 0,19 cm. Pada sumbu Y, sisi atas (Y1) menunjukkan deviasi sebesar 0,45 cm, sementara sisi bawah (Y2) memiliki deviasi terbesar yaitu 0,30 cm.



Gambar 4.10 hasil uji(3)

Pada gambar 4.10, diperoleh nilai deviasi antara batas cahaya dengan batas radiasi sinar-X menggunakan *Software (Image/fiji)* untuk



citra digital. Pada sumbu X, sisi kiri (X1) menunjukkan deviasi sebesar 0,15 cm, sedangkan sisi kanan (X2) sebesar 0,26 cm. Pada sumbu Y, sisi atas (Y1) menunjukkan deviasi sebesar 0,45 cm, sementara sisi bawah (Y2) memiliki deviasi terbesar yaitu 0,30 cm.

Ketiga uji pada pemeriksaan kesesuaian berkas cahaya dan sinar-X dilaksanakan dengan menggunakan luas lapangan, orientasi kolimator, dan parameter eksposi yang identik, sehingga tidak terdapat perbedaan kondisi pengukuran di antara ketiganya. Pengulangan uji sebanyak tiga kali dimaksudkan untuk mengevaluasi tingkat konsistensi dan stabilitas kinerja kolimator, batas cahaya terhadap batas paparan radiasi. Pelaksanaan pengukuran dalam kondisi yang seragam memungkinkan identifikasi variasi deviasi yang timbul akibat faktor ketelitian mekanik kolimator, kestabilan emisi sumber radiasi, serta presisi penentuan posisi bidang cahaya. Dengan demikian, meskipun seluruh uji memiliki konfigurasi yang sama, pengulangan pengukuran tetap diperlukan untuk memastikan bahwa deviasi yang diperoleh konsisten, dapat direproduksi, dan berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar kualitas pesawat sinar-X.

Berdasarkan hasil radiograf yang diperoleh, dilakukan pengukuran terhadap uji kesesuaian lapangan pada pesawat sinar-X konvensional dengan memanfaatkan *Software (Image/fiji)* untuk citra digital. Adapun hasil pengukuran ditunjukkan sebagai berikut.

Untuk menentukan apakah hasil tersebut masih berada dalam ambang yang diperkenankan, digunakan acuan batas toleransi uji kesesuaian lapangan pada pesawat sinar-X konvensional. Perhitungan nilai toleransi dilakukan dengan membandingkan deviasi yang terukur pada masing-masing sisi lapangan radiasi terhadap nilai toleransi standar yang ditetapkan, sehingga dapat diketahui tingkat kesesuaian antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi, sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Uji Kesesuaian Kolimasi dengan Metode Kawat “L”

| Hasil Uji | $X^1$ (Sisi kiri) | $X^2$ (Sisi kanan) | $Y^1$ (Sisi atas) | $Y^2$ (Sisi bawah) | $\Delta X$ (Kiri + Kanan)                             | $\Delta Y$ (Atas + Bawah)                             | Batas toleransi ( $\leq 2\text{ cm}$ ) | keterangan |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---|---|--|------------|
| 1         | 0,26 cm           | 0,26 cm            | 0,45 cm           | 0,30 cm            | $0,26 + 0,26$<br>$= 0,52\text{ cm} + 0,005\text{ cm}$ | $0,45 + 0,30$<br>$= 0,75\text{ cm} + 0,005\text{ cm}$ | $\leq 2\text{ cm}$                     | Sesuai     |
| 2         | 0,15 cm           | 0,19 cm            | 0,45 cm           | 0,30 cm            | $0,15 + 0,19$<br>$= 0,34\text{ cm} + 0,005\text{ cm}$ | $0,45 + 0,30$<br>$= 0,75\text{ cm} + 0,005\text{ cm}$ | $\leq 2\text{ cm}$                     | Sesuai     |
| 3         | 0,15 cm           | 0,26 cm            | 0,45 cm           | 0,30 cm            | $0,15 + 0,26$<br>$= 0,41\text{ cm} + 0,005\text{ cm}$ | $0,45 + 0,30$<br>$= 0,75\text{ cm} + 0,005\text{ cm}$ | $\leq 2\text{ cm}$                     | Sesuai     |

Hasil tabel 4.1 hasil pengujian kesesuaian lapangan kolimator pada pesawat sinar x konvensional merek GE Optima XR200amx. Dari tiga kali pengulangan pengujian yang dilakukan hasil dari nilai  $\Delta X$  adalah 0,52 cm, 0,34 cm, 0,41 cm hasil tersebut masih dalam batas toleransi. Sedangkan nilai dari  $\Delta Y$  adalah 0,75 cm, 0,75 cm, 0,75 cm hasil tersebut masih dalam batas toleransi  $\leq 2\%$  dan dinyatakan aman.

## B. Pembahasan

### 1. Prosedur uji kolimasi dengan Metode Kawat “L” di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta

Pengujian kesesuaian lapangan kolimator merupakan prosedur yang bertujuan untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X memenuhi persyaratan proteksi radiasi sekaligus mampu menghasilkan citra radiograf yang akurat dalam mendukung proses diagnosis. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan pesawat sinar-X konvensional merek *GE Optima XR200amx* yang beroperasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah metode kawat berbentuk huruf “L” dengan *Focus Film Distance* (FFD) sebesar 100 cm.

Tahapan pengujian dimulai dengan menempatkan kaset atau *image receptor* pada meja pemeriksaan, kemudian tabung sinar-X diposisikan tegak lurus terhadap kaset. Selanjutnya, kawat berbentuk “L” diletakkan di atas kaset sebagai acuan batas cahaya. Kolimator diaktifkan dan disesuaikan sehingga cahaya sejajar dengan posisi kawat. Setelah itu dilakukan eksposi dengan parameter 70 kVp dan 10 mAs sebanyak tiga kali pengulangan. Hasil radiograf kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi adanya deviasi antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu Peralatan

Radiodiagnostik serta Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022, uji kesesuaian lapangan cahaya kolimator wajib dilaksanakan secara rutin untuk menjamin aspek proteksi radiasi sekaligus kualitas citra radiograf. Sejalan dengan hal tersebut, Bushong (2017) menegaskan bahwa kolimator berperan penting dalam mengurangi radiasi tersebar, melindungi jaringan pasien yang tidak perlu terekspos, serta meningkatkan kontras gambar radiograf.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa prosedur uji kolimasi di Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta telah sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam regulasi nasional. Meskipun metode kawat berbentuk “L” telah memberikan hasil yang cukup akurat, penggunaan alat tambahan seperti *beam alignment test tool* dinilai dapat meningkatkan ketepatan pengujian. Secara keseluruhan, prosedur yang diterapkan dalam penelitian ini sudah memadai untuk menilai kesesuaian lapangan kolimator.

Berdasarkan opini peneliti pelaksanaan uji di lapangan, peneliti berpendapat bahwa prosedur uji kolimasi dengan metode kawat “L” yang diterapkan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta sudah cukup sistematis dan dapat memberikan gambaran yang reliabel mengenai tingkat kesesuaian kolimator. Akan tetapi, peneliti menilai bahwa penerapan metode ini masih dapat ditingkatkan dari sisi ketelitian teknis, terutama pada tahap penyelarasan cahaya kolimator dengan kawat “L”. Dalam praktik, sedikit saja

perubahan posisi atau kemiringan tabung dapat memengaruhi hasil pengukuran deviasi. Oleh karena itu, peneliti berpendapat bahwa penggunaan alat tambahan seperti *beam alignment test tool* atau perangkat digital *alignment* lain akan meningkatkan presisi pengujian.

2. Hasil nilai deviasi antara lapangan cahaya dan lapangan radiasi pada pesawat sinar-X berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh BAPETEN

Hasil pengujian kesesuaian lapangan kolimator pada pesawat sinar-X konvensional merek *GE Optima XR200amx* di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta, diperoleh nilai deviasi yang masih berada dalam batas toleransi. Hasil pengukuran menunjukkan deviasi pada sumbu horizontal ( $\Delta X$ ) masing-masing sebesar 0,52 cm, 0,34 cm, dan 0,41 cm, sedangkan pada sumbu vertikal ( $\Delta Y$ ) sebesar 0,75 cm, 0,75 cm, dan 0,75 cm. Jika dikonversikan terhadap jarak fokus ke film (*Focus Film Distance / FFD*) 100 cm, deviasi tersebut berkisar antara 0,34% hingga 0,75%. Mengacu pada Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022, batas toleransi deviasi kolimator adalah maksimal 2% dari FFD. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa kolimator masih berada dalam kategori *satisfy* atau aman, sehingga dinyatakan layak untuk digunakan pada pelayanan radiodiagnostik. Berdasarkan hasil pengujian, deviasi kolimasi berada dalam batas toleransi ( $\leq 2\%$  FFD), sehingga dugaan awal adanya pergeseran fungsi kolimator sebagai penyebab citra

terpotong tidak terbukti. Temuan ini menunjukkan bahwa masalah citra abdomen terpotong maupun superposisi lebih mungkin disebabkan oleh faktor teknis, seperti kesalahan penyetelan kolimasi oleh radiografer, teknik positioning yang kurang tepat, atau prosedur penggunaan kaset yang tidak sesuai.

Secara teori, pengujian kesesuaian kolimator merupakan komponen penting dalam program kendali mutu (*quality control*) pada peralatan radiologi. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/XII/2009, tujuan kendali mutu adalah memastikan peralatan radiagnostik mampu menghasilkan citra yang optimal dengan dosis radiasi serendah mungkin sesuai dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*). Kolimator berfungsi mengatur luas lapangan penyinaran agar sesuai dengan area anatomi yang diperiksa. Ketidakesesuaian kolimasi dapat menimbulkan citra radiograf yang terpotong, peningkatan paparan radiasi pada jaringan yang tidak relevan, serta kebutuhan untuk melakukan pemeriksaan ulang. Hal ini sejalan dengan pernyataan Bushong (2017) yang menekankan bahwa akurasi kolimator berhubungan erat dengan kualitas citra dan keselamatan pasien.

Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Fransiska dan Nehru (2018) melaporkan bahwa deviasi hasil uji kolimator di RSUD Raden Mattaher Jambi masih dalam batas toleransi, sehingga peralatan dinyatakan andal. Kesamaan dengan penelitian ini

terletak pada temuan bahwa nilai deviasi tidak melebihi 2% dari FFD. Sebaliknya, penelitian Martina dkk. (2015) menemukan adanya ketidaksesuaian kolimasi akibat tidak digunakannya *beam alignment test tool*. Walaupun penyimpangan masih berada dalam batas aman, penelitian tersebut menekankan bahwa faktor teknis dalam prosedur pengujian dapat memengaruhi akurasi hasil.

Temuan penelitian ini juga diperkuat dengan hasil observasi lapangan. Meskipun kolimator dinyatakan sesuai standar, masih ditemukan kasus citra abdomen yang terpotong serta penggunaan satu kaset untuk dua proyeksi manus yang menyebabkan superposisi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan kualitas citra tidak semata-mata disebabkan oleh deviasi kolimator, tetapi dapat dipengaruhi oleh faktor teknis lain seperti kesalahan dalam penyetelan posisi, pergeseran shutter kolimator yang tidak simetris, maupun keausan mekanis akibat pemakaian jangka panjang. Sudarsih dkk. (2018) juga menyatakan bahwa ketidakpresisian shutter dapat menimbulkan citra terpotong meskipun deviasi kolimator secara numerik masih dalam batas toleransi.

Opini peneliti menyatakan bahwa uji kesesuaian kolimator tidak hanya berfungsi sebagai kewajiban administratif, tetapi juga sebagai bagian penting dari upaya sistematis dalam menjaga keselamatan pasien dan mutu radiografi. Walaupun hasil penelitian ini menunjukkan kolimator masih dalam kondisi baik, pelaksanaan pengujian secara



berkala tetap diperlukan untuk mendeteksi dini penurunan fungsi. Tindakan korektif, seperti kalibrasi ulang atau perbaikan mekanis, dapat meningkatkan akurasi kolimasi serta mengurangi risiko pengulangan pemeriksaan yang berdampak pada peningkatan dosis radiasi pasien. Oleh karena itu, pelaksanaan uji kesesuaian lapangan kolimator secara rutin merupakan langkah preventif yang perlu diprioritaskan oleh setiap instalasi radiologi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai uji kesesuaian lapangan kolimator pada pesawat sinar-X konvensional merek GE Optima XR200amx di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Prosedur uji kolimasi dilakukan dengan menggunakan metode kawat berbentuk huruf “L” pada jarak fokus ke film (FFD) 100 cm. Pengujian dilakukan melalui tahapan persiapan alat, penempatan kawat “L”, penyesuaian cahaya kolimator, eksposi dengan parameter 70 kVp dan 10 mAs, serta analisis hasil radiograf. Prosedur yang digunakan sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1250/MENKES/XII/2009 dan Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022.
2. Hasil pengukuran menunjukkan deviasi lapangan cahaya terhadap lapangan radiasi pada sumbu horizontal ( $\Delta X$ ) sebesar 0,34 cm–0,41 cm dan pada sumbu vertikal ( $\Delta Y$ ) sebesar 0,75 cm–0,75 cm. Jika dikonversikan terhadap FFD 100 cm, nilai tersebut setara dengan 0,34%–0,75%. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi maksimal  $\leq 2\%$  FFD sesuai ketentuan BAPETEN, sehingga dapat disimpulkan bahwa kolimator pesawat sinar-X yang sudah dilakukan uji dan masih

berfungsi dengan baik dan layak digunakan untuk pelayanan radiagnostik.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto Yogyakarta

Diharapkan dapat menambahkan parameter uji kesesuaian lain, seperti uji tegangan tabung, waktu eksposi, linearitas dosis, maupun *Automatic Exposure Control* (AEC), sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang kondisi pesawat sinar-X. Pemeliharaan rutin dan kalibrasi ulang perlu dilakukan untuk menjaga akurasi penyinaran, mengurangi risiko pengulangan pemeriksaan, dan meminimalkan paparan radiasi yang tidak perlu pada pasien. Sesuai standar BAPETEN dan Kemenkes RI.

2. Bagi Radiograf dan Tenaga Medis

Disarankan untuk lebih memperhatikan penggunaan kolimator saat pemeriksaan radiografi agar area penyinaran benar-benar sesuai dengan anatomi yang dituju. Radiografer juga diharapkan aktif melaporkan apabila ditemukan ketidaksesuaian teknis pada peralatan agar segera ditindaklanjuti.

### 3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian ini terbatas pada uji kesesuaian lapangan kolimator dengan metode kawat "L" saja. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya diharapkan dapat melakukan uji kolimasi dengan metode *Colimator Alignment test tol* untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azis, Y., & Nababan, S. (2019). Analisa faktor mA pada pesawat X-ray general merk Allengers type 325. *Jurnal Mutiara Elektromedik*, 3(1), 32–37.
- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2022). *Peraturan BAPETEN Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan atas Peraturan Nomor 2 Tahun 2018 tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. BAPETEN.
- Bushong, S. C. (2017). *Radiologic science for technologists: Physics, biology, and protection* (11th ed.). Elsevier.
- Dabukke, H. (2018). *Pengujian iluminasi, kolimasi, ketegaklurusan dan kualitas berkas pesawat sinar-X radiografi umum dengan radiografi mobile* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Sumatera Utara.
- Fauber, T. L. (2016). *Radiographic imaging and exposure* (5th ed.). Elsevier Health Sciences.
- Indrati, R., Purnami, S., & Widyaningsih, S. (2017). *Proteksi radiasi bidang radiodiagnostik dan intervensional*. Inti Medika Pustaka.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2009). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu Peralatan Radiodiagnostik*. Kementerian Kesehatan RI.
- Sari, A. W., & Hartina, S. (2017). Uji kesesuaian collimator beam dengan berkas sinar-X pada pesawat Raico di Instalasi Radiologi Raden Mattaher Jambi. *Jurnal Pusat Sains dan Teknologi Akselerator*, 19(2), 29–34.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1

### Surat Ijin Penerimaan Penelitian

DETASEMEN KESEHATAN WILAYAH 04.04.02  
RUMAH SAKIT TK.III 04.06.03 DR.SOETARTO

Yogyakarta, 15 Juli 2025

Nomor : B/04 / VII /2025  
Klasifikasi : Biasa  
Lampiran : -  
Perihal : Penerimaan Izin Penelitian

Kepada  
Yth. Ketua Prodi D3 Radiologi  
Poltekkes TNI AU Yogyakarta  
di  
Yogyakarta

1. Dasar:

a. Surat Ketua Prodi D3 Radiologi Poltekkes TNI AU Yogyakarta nomor B/105/VII/2025/RAD tanggal 11 Juli 2025 tentang permohonan Ijin Penelitian atas nama Bertran Ebenhaezer Sahetapy NIM : 22230040 dengan judul "Uji Kesesuaian Lapangan Kolimasi Pada Pesawat Konvensional Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Tingkat III dr. Soetarto"; dan

b. Pertimbangan Pimpinan dan Staf Rumah Sakit TK.III 04.06.03 dr.Soetarto.

2. Sehubungan dasar tersebut di atas, disampaikan kepada Ketua Prodi D3 Radiologi Poltekkes TNI AU Yogyakarta pada prinsipnya kami tidak keberatan menerima/mengizinkan Penelitian di Rumah Sakit TK.III 04.06.03 dr.Soetarto.

3. Demikian mohon untuk dimaklumi.

Kepala Rumah Sakit,  
  
Dr. Abdul Gani M.Ked.,Sp.PK  
Letnan Kolonel Ckm NRP 11030000530771

Lampiran 2

Tabel Jadwal Penelitian

| No | Kegiatan                                   | Bulan/2025 |     |     |      |      |
|----|--|------------|-----|-----|------|------|
|    |  | Mar        | Apr | Mai | Juni | Juli |
| 1  | Persiapan penelitian                       |            |     |     |      |      |
|    | a. Pengajuan <i>Draft</i> judul penelitian |            |     |     |      |      |
|    | b. Pengajuan Proposal                      |            |     |     |      |      |
|    | c. Perejinan Penelitian                    |            |     |     |      |      |
| 2  | Pelaksanaan                                |            |     |     |      |      |
|    | a. Pengumpulan data                        |            |     |     |      |      |
|    | b. Analisis data                           |            |     |     |      |      |
| 3  | Penyusunan Laporan                         |            |     |     |      |      |

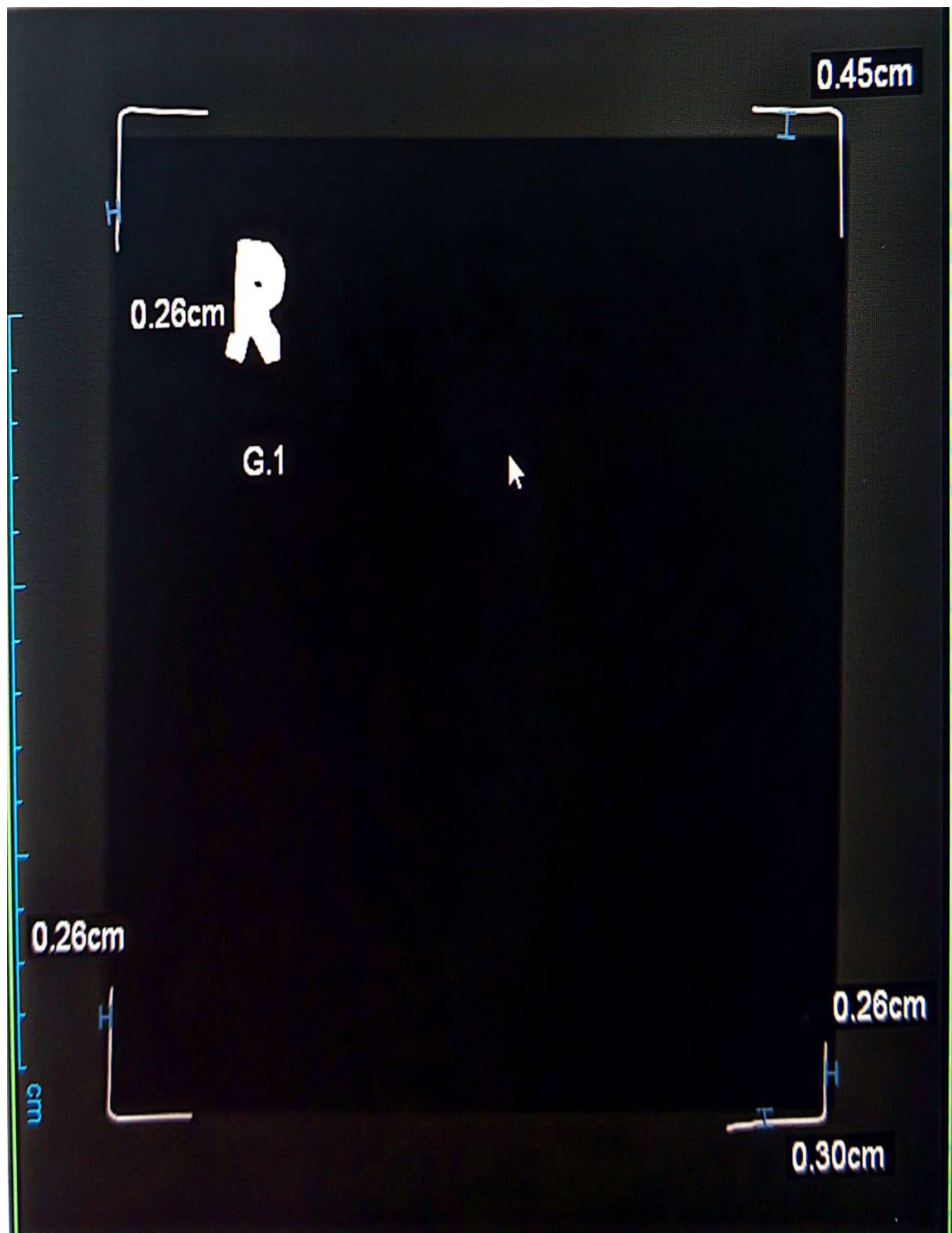


### Lampiran 3

#### Hasil Observasi

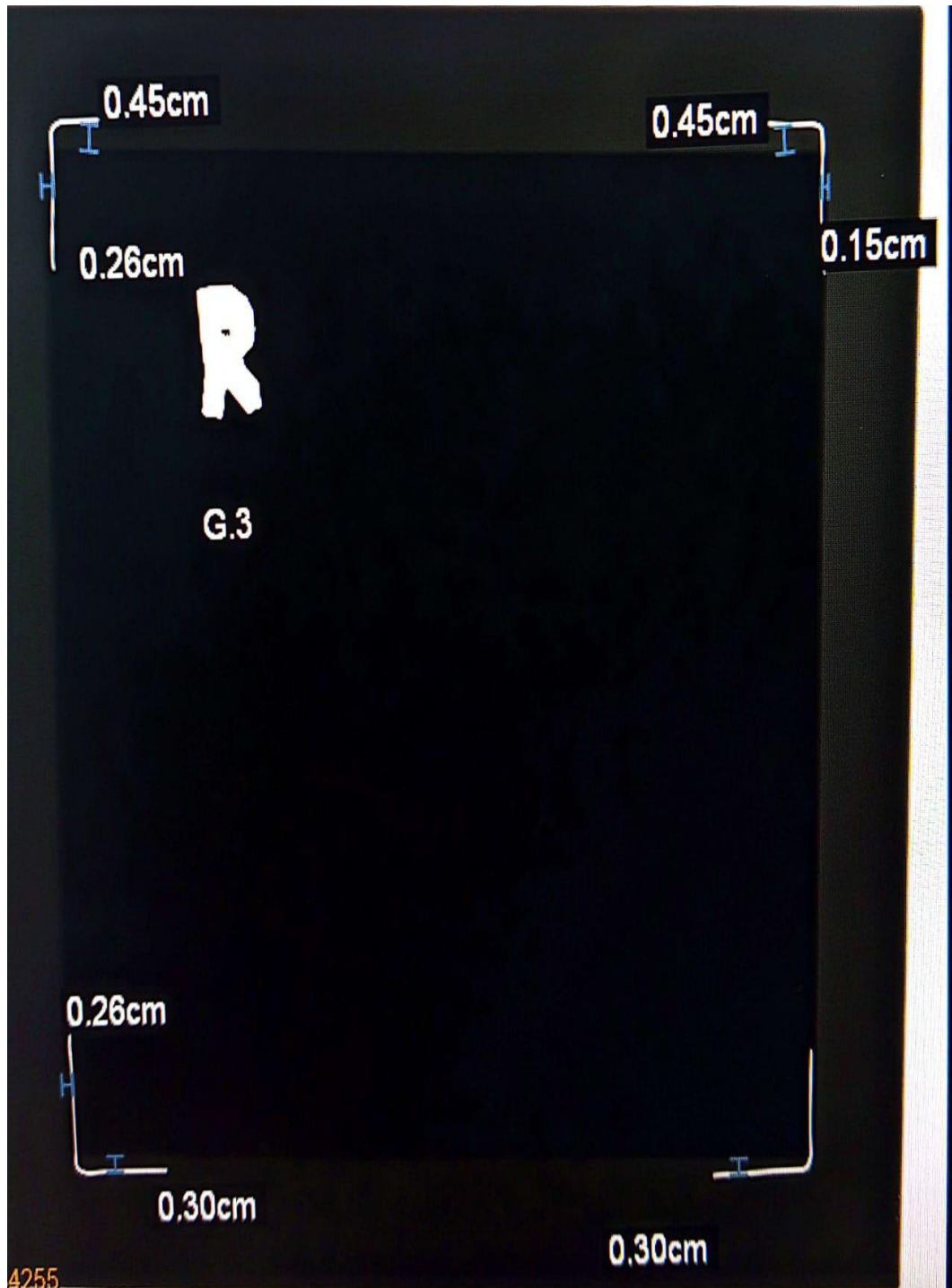
| No | Observasi               | Hasil Observasi  | Indikasi Masalah Teknis                |
|----|-------------------------|--|--|
| 1  | Kondisi pesawat sinar-X | Pesawat sinar-X berfungsi dengan baik, lampu kolimator menyala dan di atur luas lapangan dengan baik | Tidak ada masalah/gangguan teknis      |
| 2  | Pergeseran kolimasi     | Terdapat pergeseran kolimasi tetapi masi dalam batas aman  | Perlu penyesuaian kolimator            |
| 3  | Riwayat januari 2024    | Kalibrasi terakhir dilakukan januari 2024  | Alat masih dalam kondisi baik dan aman |

GAMBAR HASIL UJI  
GAMBAR UJI (1)



FL 04255

GAMBAR UJI (3)



## Lampiran 5

### Hasil Uji

| No | Sisi yang Diukur | Deviasi(cm) | Batas Toleransi ( $\pm 2\%$ FFD) | Keterangan |
|----|------------------|-------------|----------------------------------|------------|
| 1  | Sisi Kiri        | 0,26 cm     | 2 cm                             |            |
|    |                  | 0,15 cm     |                                  |            |
|    |                  | 0,15 cm     |                                  |            |
| 2  | Sisi Kanan       | 0,26 cm     | 2 cm                             |            |
|    |                  | 0,19 cm     |                                  |            |
|    |                  | 0,26 cm     |                                  |            |
| 3  | Sisi Atas        | 0,45 cm     | 2 cm                             |            |
|    |                  | 0,45 cm     |                                  |            |
|    |                  | 0,45 cm     |                                  |            |
| 4  | Sisi bawah       | 0,30 cm     | 2 cm                             |            |
|    |                  | 0,30 cm     |                                  |            |
|    |                  | 0,30 cm     |                                  |            |
| 5  | Horizontal Total | 0,52 cm     | 2 cm                             | Batas aman |
|    |                  | 0,34 cm     |                                  |            |
|    |                  | 0,41 cm     |                                  |            |
| 6  | Vertikal Total   | 0,75 cm     | 2 cm                             | Batas aman |
|    |                  | 0,75 cm     |                                  |            |
|    |                  | 0,75 cm     |                                  |            |

## Lampiran 6

### DOKUMENTASI PENELITIAN

