

**UJI KESESUAIAN LUAS KOLIMASI PADA PESAWAT
X-RAY KONVENSIONAL MERK SIEMENS DI
INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT
PEKANBARU MEDICAL CENTER**

KARYA TULIS ILMIAH



DISUSUN OLEH :

**KARMILA
18002016**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK RADIOLOGI
SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN
AWAL BROS PEKANBARU
2021**

**UJI KESESUAIAN LUAS KOLIMASI PADA PESAWAT
X-RAY KONVENSIONAL MERK SIEMENS DI
INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT
PEKANBARU MEDICAL CENTER**

KARYA TULIS ILMIAH



DISUSUN OLEH :

KARMILA
18002016

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK RADIOLOGI
SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN
AWAL BROS PEKANBARU
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah telah diperiksa, disetujui dan siap untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Awal Bros Pekanbaru.

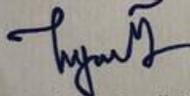
JUDUL : **UJI KESESUAIAN LUAS KOLIMASI PADA PESAWAT X-RAY KONVENSIONAL MERK SIEMENS DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT PEKANBARU MEDICAL CENTER.**

PENYUSUN : **KARMILA.**

NIM : **18002016.**

Pekanbaru, 29 September 2021
Menyetujui,

Pembimbing I



(T.Mohd Yoshandi, M.Sc)
NIDN : 1020089302

Pembimbing II



(R. Sri Ayu Indrapuri, M.Pd)
NIDN : 1006089104

Mengetahui

Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi
STIKes Awal Bros Pekanbaru



(Shelly Angella, M.Tr.Kes)
NIDN:1022099201

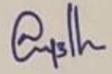
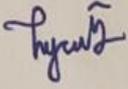
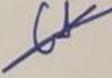
LEMBAR PENGESAHAN

Karya Tulis Ilmiah :

Telah disidangkan dan disahkan oleh Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma III Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Awal Bros Pekanbaru.

JUDUL : UJI KESESUAIAN LUAS KOLIMASI PADA PESAWAT X-RAY KONVENSIONAL MERK SIEMENS DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT PEKANBARU MEDICAL CENTER.
PENYUSUN : KARMILA.
NIM : 18002016.

Pekanbaru, 29 September 2021

1. Penguji I : Shelly Angella, M.Tr.Kes ()
NIDN : 1022099201
2. Penguji II : T. Mohd Yoshandi, M.Sc ()
NIDN : 1020089302
3. Penguji III : R. Sri Ayu Indrapuri, M.Pd ()
NIDN : 1006089104

Mengetahui
Ketua Program Diploma III
Teknik Radiologi


Shelly Angella, M.Tr. Kes
NIDN: 1022099201

Mengetahui
Ketua
STIKes Awal Bros Pekanbaru

Dr. Dra Wiwik Survandartiwi, MM
NIDN: 1012076501

KEASLIAN TUGAS AKHIR SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Karmila

Nim : 18002016

Judul Tugas Akhir : UJI KESESUAIAN LUAS KOLIMASI PADA
PESAWAT-RAY KONVENSIONAL MERK SIEMENS
DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT
PEKANBARU MEDICAL CENTER

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Karya Tulis Ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan 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, Juli 2021

Penulis



(Karmila)

18002016

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama : Karmila
Tempat / Tanggal Lahir : Sei Deras Hulu , 01 Februari 1998
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Anak Ke : 5 (lima)
Status : Mahasiswa
Nama Orang Tua
Ayah : Raja Kadri S.Pdi
Ibu : Nurhayati
Alamat : Sei Deras Hulu Pasir Pengaraian 002/008
Rokan Hulu

Latar Belakang Pendidikan

Tahun 2004 s/d 2010 : SD Negeri 014 Rambah
Tahun 2010 s/d 2013 : SMP Negeri 1 Rambah
Tahun 2013 s/d 2016 : SMA Negeri 1 Rambah

Pekanbaru, 19 Juli 2021

KARMILA

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang

Alhamdulillahirobbil alamin.....

“Sesungguhnya setelah kesulitan ada kemudahan maka apabila telah selesai dengan suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh – sungguh urusan yang lain“
(Q.s Al-Nasyrah 6-8)

Ya Alah....., tiada yang mudah kecuali sesuatu yang engkau jadikan mudah
Engkaulah yang menjadikan yang susah itu mudah

Ya Al ah....,sinarilah aku dengan Nur Mu
Terima kasih atas rahmat, nikmat dan hidayah Mu
Ya Al ah...., Engkau telah mengabulkan segala do'a dan pintaku,
Menganugrahan kedua orang tua dan saudara yang slalu menyayangi &
mencintaiku

Untuk yang terkasih & tersayang kedua orang tua saya, Bapak Raja Kadri S.Pdi dan Ibu Nurhayati, terima kasih atas doa & nasehatnya yang selalu menyertai saya, Izinkan saya mempersembahkan karya kecil ini Sebagai tanda awal bakti dari anakmu. Untuk saudara saya yang tercinta Kakak & Adik saya Terima kasih atas do'a dan semangatnya

Untuk Pembimbing I saya, Bapak T.Mohd Yoshandi, M.Sc dan Pembimbing II saya Mam R.Sri Ayu Indrapuri M.Pd yang telah memberikan waktu, ilmu dan bimbingan serta nasihat yang sangat membantu dalam Karya Tulis ini.
Terima kasih juga untuk penguji saya, mam Shelly Angella, M.Tr.Kes yang juga sangat membantu dan memberi masukan pada saat sidang maupun bimbingan.

Terima kasih juga untuk....

Semua anak RAD'18 yang menjadi teman selama saya kuliah di STIKes Awal Bros Pekanbaru ini, yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah banyak memberikan semangat bagi saya

Terima kasih juga untuk Dodo Armando dan Beni Suherman yang selalu saya susahkan pada saat penulisan Karya Tulis ini.

Ini semua merupakan awal dari perjuangan yang masih panjang
Semoga perjuangan ini mendapat ridho darinya

Amin....

Amin Ya Robbal Alamin.....

KARMILA
Pekanbaru, 12 September 2021
Jln. Karya 1 Paus Pekanbaru

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang dengan segala anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini tepat dengan waktunya dengan judul **“UJI KESESUAIAN LUAS KOLIMASI PADA PESAWAT X-RAY KONVENSIONAL MERK SIEMENS DI INSTALASI RADIOLOGI RUMAH SAKIT PEKANBARU MEDICAL CENTER”**

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

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

1. Kedua orang tua penulis tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan secara penuh, baik secara material maupun kasih sayang dan moral untuk keberhasilan dalam menyelesaikan pendidikan. Dan dengan do'anya pula semua bisa berjalan dengan lancar.
2. Dra. Wiwik Suryandartiwi A, MM sebagai Ketua STIKes Awal Bros Pekanbaru.
3. Shelly Angella, M.Tr. Kes sebagai Ketua Program Studi D-III Teknik Radiologi STIKes Awal Bros Pekanbaru dan selaku Penguji.
4. T. Mohd. Yoshandi, M.Sc sebagai pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, petunjuk, arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
5. R. Sri Ayu Indrapuri, M.Pd sebagai pembimbing 2 yang telah meluangkan

waktu untuk memberikan bimbingan, petunjuk, arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.

6. Seluruh Radiografer beserta staf di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center.
7. Segenap Dosen Program Studi Diploma III Teknik Radiologi STIKes Awal Bros Pekanbaru, yang telah memberikan dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan.
8. Semua rekan-rekan dan teman seperjuangan khususnya Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Angkatan 18 STIKes Awal Bros Pekanbaru.
9. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penulisan Karya Tulis Ilmiah ini yang tidak dapat penulis sampaikan satu persatu, terima kasih banyak atas semauanya. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini dan penulis berharap kiranya Karya Tulis Ilmiah ini bermanfaat bagi kita semua.

Pekanbaru, 03 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN PENELITIAN	4
1.4 MANFAAT PENELITIAN	4
1.4.1 Bagi Peneliti	4
1.4.2 Bagi Rumah Sakit	5
1.4.3 Bagi Mahasiswa	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 TINJAUAN TEORITIS	6
2.1.1 Sinar-X	6
2.1.2 Pesawat Sinar-X	10
2.1.3 Computed Radiography	18
2.1.4 Kendali Mutu	22
2.1.5 Uji Kesesuaian Kolimasi Pesawat Sinar-X	25
2.2 KERANGKA TEORI	28
2.3 HIPOTESIS PENELITIAN	29
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 JENIS PENELITIAN	30
3.2 POPULASI DAN SAMPEL	30
3.3 LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	31
3.4 INSTRUMEN PENELITIAN	31
3.5 PROSEDUR PENELITIAN	34
3.6 ANALISA DATA	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 HASIL	37
4.2 PEMBAHASAN	43

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN	45
5.2 SARAN.....	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sinar-X Bremstahlung	8
Gambar 2.2 Sinar-X Karakteristik	9
Gambar 2.3 Tabung Sinar-X	11
Gambar 2.4 Katoda	12
Gambar 2.5 Anoda	13
Gambar 2.6 Komponen Kolimator	14
Gambar 2.7 <i>Computed Radiography</i>	19
Gambar 2.8 Lapisan IP	21
Gambar 2.9 Kaset <i>Computed Radiography</i>	21
Gambar 2.10 Kerangka Teori	28
Gambar 3.2 Pesawat sinar-X	31
Gambar 3.3 <i>Colimator Test Tool</i>	32
Gambar 3.4 <i>Beam Alignment Test Tool</i>	32
Gambar 3.5 Kaset CR	32
Gambar 3.6 <i>Waterpass</i>	33
Gambar 3.7 Prosedur Penelitian	34
Gambar 4.1 Pengujian Kolimator dengan <i>Collimator Test Tool</i>	37
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Menggunakan Focal Spot Besar	38
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Pertama menggunakan Focal Spot Kecil .	39
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kedua menggunakan Focal Spot Kecil	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pengujian Pertama.....	40
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Pengujian Pertama	40
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Pengujian Kedua.....	42
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Pengujian Pertama	40

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Surat Izin Penelitian
- Lampiran 2 Surat Balasan Rumah Sakit
- Lampiran 3 Hasil Radiograf Pengujian

**UJI KESESUAIAN LUAS KOLIMASI PADA PESAWAT X-RAY
KONVENSIONAL MERK SIEMENS DI INSTALASI
RADIOLOGI RUMAH SAKIT PEKANBARU
MEDICAL CENTER**

Karmila ¹⁾, T. Mohd. Yoshandi, M.Sc²⁾, R. Sri Ayu Indrapuri, M.Pd³⁾

¹⁾Program Studi DIII Teknik Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Awal Bros Pekanbaru

Email : Milakarmila6676@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan observasi peneliti tentang pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center terakhir dilakukan kalibrasi pesawat sinar-X khususnya pengujian kesesuaian kolimasi pada tahun 2019 dan sampai saat ini belum pernah dilakukan kembali. Sedangkan menurut keputusan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik, frekuensi uji kesesuaian kolimasi dilakukan 1 (satu) bulan sekali atau setelah perbaikan atau perawatan rumah tabung dan kolimator.

Jenis penelitian yang digunakan dalam penulisan karya tulis ilmiah ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode penelitian studi kasus, yaitu peneliti langsung turun ke lapangan untuk melakukan penelitian mengenai uji kesesuaian kolimasi pesawat sinar-X.

Berdasarkan hasil uji kesesuaian yang telah dilakukan membuktikan bahwa adanya pergeseran pada berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar-X, didapatkan nilai rata-rata pergeseran sebesar 1,10 cm pada sumbu X dan 1,075 cm pada sumbu Y, Uji kesesuaian kolimasi pada pesawat konvensional Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center tidak melebihi batas toleransi, dengan nilai pergeseran $\geq 2\%$ FFD dan layak untuk digunakan dalam proses pencitraan radiologi sinar-X.

**Kata Kunci : Quality Assurance , Quality Control, Proteksi Radiasi
Kepustakaan : 19 (2009-2020)**

**SUITABILITY TEST OF COLIMMATION AREA ON SIEMENS
BRANDCONVENTIONAL X-RAY AIRCRAFT AT
RADIOLOGY INSTALLATION OF PEKANBARU
MEDICAL CENTER HOSPITAL**

Karmila ¹⁾, T. Mohd. Yoshandi, M.Sc²⁾, R. Sri Ayu Indrapuri, M.Pd³⁾

¹⁾Program Studi DIII Teknik Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Awal Bros Pekanbaru

Email : Milakarmila6676@gmail.com

ABSTRACT

Based on the researcher's observations about conventional X-ray aircraft at the Radiology Installation of Pekanbaru Medical Center Hospital, the last calibration of the X-ray aircraft was carried out, especially the collimation suitability test in 2019 and so far it has not been carried out again. Meanwhile, according to the decision of the Ministry of Health of the Republic of Indonesia No. 1250 of 2009 concerning Guidelines for Quality Control (Quality Control) of Radiodiagnostic Equipment, the frequency of collimation conformity tests is carried out once a month after repair or maintenance of the tube and collimator.

The type of research used in of this paper is quantitative research with case study research methods. The researcher went directly to the field to conduct research on the X-ray plane collimation suitability test.

Based on the results of the conformity test that has been carried out, it shows that there is a shift in the collimator beam of the test tool with the X-ray beam, the average value of the shift is 1.10 cm on the X axis and 1.075 cm on the Y axis. Pekanbaru Medical Center Hospital Radiology does not exceed the tolerance limit, with a shift value of 2% FFD and his suitable for use in the X-ray radiological imaging process.

Keywords : Quality Assurance, Quality Control, Radiation Protection
Literature : 19 (2009-2020)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, gelombang panas, gelombang cahaya dan gelombang ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X dapat digambarkan sebagai gelombang karena bergerak dalam gelombang yang memiliki panjang gelombang dan frekuensi. Sinar-X yang digunakan dalam radiografi berkisar dalam panjang gelombang dari sekitar 0,1 hingga 1,0 Å. Sinar-X di produksi oleh alat yang sudah berkembang dengan pesat pada saat ini, alat tersebut dinamakan Pesawat sinar-X (Fauber, 2017).

Pesawat sinar-X merupakan sebuah alat yang dapat menghasilkan sinar-X (Rahman, 2009). Pesawat sinar-X pada dasarnya terdiri dari komponen berikut, yaitu tabung sinar-X generator, *control console*. Tabung sinar-X merupakan tabung hampa tempat sinar-X diproduksi. Generator pesawat sinar-X merupakan perangkat yang memasok daya listrik ketabung sinar-X. Tabung sinar-X membutuhkan energi listrik untuk memanaskan elektron dari filamen dan untuk mempercepat elektron dari katoda ke anoda (Bushberg, 2012). Pada bagian luar tabung sinar-X terdapat kolimator. Kolimator merupakan alat pembatas radiasi yang umumnya digunakan pada radiografi. Kolimator berbentuk seperti kotak dan jenis ini paling baik dari

segala jenis pembatas. (Sari, 2010) Pesawat sinar-X yang memenuhi persyaratan keselamatan radiasi dan memberikan informasi diagnosis atau pelaksanaan radiologi yang tepat dan akurat dapat dilihat dengan dilakukannya uji kesesuaian (*compliance testing*), yang meliputi program jaminan mutu (Quality Assurance) dan kendali mutu (Quality Control) (Suyatno, et al, 2011).

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009 bahwa kualitas dan keselamatan pelayanan radiodiagnostik merupakan faktor terpenting karena dapat menimbulkan bahaya terhadap petugas, pasien dan lingkungan sekitarnya apabila tidak dikelola dengan benar. Salah satu komponen kegiatan untuk menjamin kualitas pelayanan radiodiagnostik adalah dengan menyelenggarakan kendali mutu (Quality Control).

Pada pemeriksaan pasien agar tidak terjadi penyimpangan foto maka perlu dilakukan uji kesesuaian kolimasi pesawat sinar-X. Uji kesesuaian ini adalah untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X memenuhi persyaratan keselamatan radiasi dan memberikan informasi diagnosa atau pelaksanaan radiologi yang tepat serta akurat. Uji kesesuaian juga merupakan suatu program jaminan mutu radiologi diagnostik. Salah satu program jaminan mutu adalah pengujian kesesuaian luas kolimasi (berkas cahaya kolimasi) dengan luas berkas sinar-X. Pengujian ini bertujuan agar tidak terjadinya pergeseran sudut atau jarak pada tabung sinar-X sehingga lebih tepat dan akurat untuk menentukan lokasi atau gangguan dalam tubuh manusi.

Dengan demikian tujuan dari jaminan mutu adalah mengurangi paparan radiasi, peningkatan citra diagnostik dan penekanan biaya (Sari, et al, 2017). Berdasarkan observasi peneliti tentang pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center terakhir dilakukan kalibrasi pesawat sinar-X khususnya pengujian kesesuaian kolimasi pada tahun 2019 dan sampai saat ini belum pernah dilakukan kembali. Sedangkan menurut keputusan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik, frekuensi uji kesesuaian kolimasi dilakukan 1 (satu) bulan sekali atau setelah perbaikan atau perawatan rumah tabung dan kolimator. Kemudian, dilihat dari pemakaian alatnya dalam melakukan pemeriksaan terhadap pasien rata-rata 13 orang perharinya dan apabila dalam setahun dapat mencapai 4.745 pasien.

Menurut KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 Setiap peralatan radiologi diagnostik yang digunakan terus menerus dalam jangka waktu yang lama, besar kemungkinan mengalami penurunan fungsi salah satunya pergeseran antara berkas sinar-X dan berkas cahaya kolimasi. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk untuk melakukan lebih lanjut untuk mengetahui apakah penyimpangan masih dalam batas toleransi setelah 1 tahun lebih pengujian dengan mengangkat judul “Uji Kesesuaian Luas Kolimasi Pada Pesawat X-Ray Konvensional Merk Siemens Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center”.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat di ambil rumusan masalah penelitian tentang :

- 1.2.1 Adakah pergeseran luas lapangan penyinaran pada kolimator pesawat konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center ?
- 1.2.2 Berapa besar pergeseran luas lapangan penyinaran pada kolimator ?
- 1.2.3 Apakah pergeseran masih dapat ditoleransi sesuai dengan KEMENKES RI No. 1250/KES/SK/XII/2009 ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

- 1.3.1 Untuk mengetahui pergeseran luas lapangan penyinaran pada kolimator pesawat konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center
- 1.3.2 Untuk mengetahui besar pergeseran luas lapangan penyinaran pada kolimator
- 1.3.3 Untuk mengetahui pergeseran masih dapat ditoleransi sesuai dengan KEMENKES RI No. 1250/KES/SK/XII/2009

1.4 MANFAAT PENELITIAN

1.4.1 Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat menambah pengetahuan peneliti tentang bagaimana cara melakukan uji kesesuaian kolimasi pesawat konvensional dengan menggunakan *Collimator Test Tool*.

1.4.2 Bagi Rumah Sakit

Penelitian ini berguna untuk menilai jaminan mutu (*Quality Assurance*) dan kendali mutu (*Quality Control*) unit radiologi terutama pesawat sinar X.

1.4.3 Bagi Mahasiswa

Sebagai bahan menambah wawasan mahasiswa DIII Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi dibidang jaminan mutu (*Quality Assurance*) dan kendali mutu (*Quality Control*) mengenai pelaksanaan upaya penjaminan dan kendali mutu tentang uji kesesuaian kolimasi pada pesawat konvensional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN TEORITIS

2.1.1 Sinar-X

2.1.1.1 Definisi Sinar-X

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, gelombang panas, gelombang cahaya dan gelombang ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X dapat digambarkan sebagai gelombang karena bergerak dalam gelombang yang memiliki panjang gelombang dan frekuensi. Sinar-X yang digunakan dalam radiografi berkisar dalam panjang gelombang dari sekitar 0,1 hingga 1,0 Å. Satuan lain untuk panjang gelombang adalah nanometer (nm); 1 Å sama dengan 0,1 nm. Sinar-X bergerak dengan kecepatan konstan 3×10^8 m / s atau 186.000 mil / s dalam ruang hampa (Fauber, 2017).

Sinar-X dihasilkan oleh tabung sinar-X yaitu tabung gelas hampa udara yang dilengkapi dengan dua buah elektroda, yang terdiri dari katoda (bermuatan negatif) dan anoda (bermuatan positif). Kedua elektroda diberi tegangan tinggi beberapa ribu volt, yang secara cepat menarik electron

ke anoda atau target yang ditumbuk dengan kecepatan tinggi. Sebagian besar kinetic energinya menjadi panas, dan kurang dari 1% adalah sinar-X (Dwinanto, 2010).

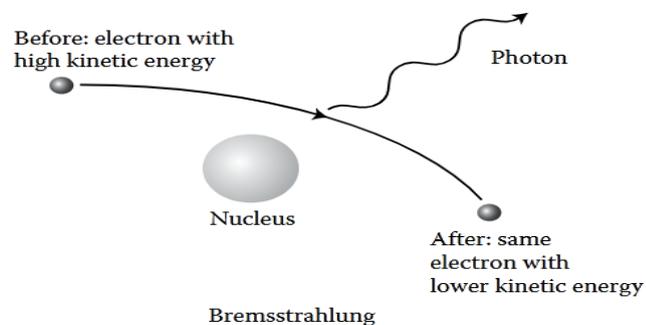
2.1.1.2 Proses Terjadinya Sinar-X

Tabung sinar-X adalah tabung yang terbuat dari gelas atau dari pyrex yang hampa udara. Didalam tabung sinar-X terdapat dua buah elektroda yaitu katoda dan anoda. Katoda berfungsi sebagai elektroda negatif dan anoda sebagai elektroda positif. Ketika filament yang melekat pada katoda dipanaskan, maka filament akan mengeluarkan elektron. Semakin lama dipanaskan, maka jumlah elektron yang terbentuk akan semakin banyak yang disebut awan elektron. Kemudian diantara katoda dan anoda diberikan tegangan antara 40 kV sampai dengan 125 kV sehingga elektron akan bergerak cepat menuju target, yang akan menghasilkan tumbukan. Tumbukan ini akan menghasilkan sinar-X adalah 1% dan panas 99%. Elektron yang bergerak ini disebut elektron proyektil, karena perbedaan tegangan antara anoda dan katoda menyebabkan elektron ini bergerak cepat dari katoda ke anoda (Sari, 2010).

2.1.1.3 Jenis-jenis Sinar-X

a. Sinar-X Bremstrahlung

Proses bremstrahlung (radiasi pengereman) adalah hasil “tumbukan” radiasi (interaksi) antara elektron berkecepatan tinggi dan inti atom. Sinar-X bremstrahlung akan terjadi bila radiasi elektron yang datang dibelokkan oleh inti atom. Elektron yang dibelokkan tersebut akan berkurang energinya, sehingga menyebabkan terjadinya pancaran sinar-X bremstrahlung (Khan, 2014).

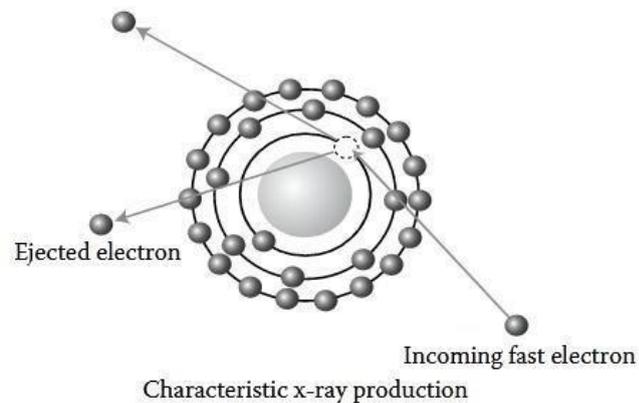


Gambar 2.1 Sinar-X Bremstrahlung (Kane, 2020)

b. Sinar-X Karakteristik

Sinar-X karakteristik dipancarkan oleh atom yang tereksitasi sesaat setelah electron tereksitasi dari suatu orbit ke orbit yang lebih luar, dalam waktu singkat akan kembali ke orbit semula. Pada saat kembali ini energi yang berlebih akan dipancarkan dalam bentuk sinar-X karakteristik. Elektron yang mengenai target juga

menghasilkan sinar-X yang khas. Dengan demikian, energi tersebut di radiasikan dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Ini disebut radiasi karakteristik. Jadi, sinar-X karakteristik dihasilkan dengan transisi electron dari kulit luar ke kulit dalam (Khan, 2014).



Gambar 2.2 Sinar-X Karakteristik (Kane, 2020)

Sinar-X adalah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang mempunyai ciri-ciri (Sari, 2010). Adapun ciri-ciri dari sinar-X yaitu :

- 1) Sinar-X tidak dapat dipengaruhi atau dibelokkan oleh medan listrik (karena tidak bermuatan).
- 2) Sinar-X tidak dapat dipengaruhi atau dibelokkan oleh medan magnet (karena tidak memiliki massa).
- 3) Mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek yaitu antara 10^{-13} sampai dengan 10^{-10} m.

- 4) Mempunyai energi yang sangat besar yaitu antara 10^4 s/d 10^5 eV sehingga sinar-X mempunyai daya tembus yang besar pula.
- 5) Mengalami atenuasi (perlemahan) intensitas setelah mengenai bahan.
- 6) Tidak terlihat, tidak terasa dan tidak berbau.
- 7) Dapat memandarkan beberapa jenis bahan tertentu (biasanya bahan Phosfor).
- 8) Tidak berpengaruh terhadap medan magnet maupun medan listrik.
- 9) Mempunyai efek terhadap sel-sel hidup
- 10) Dapat menghitamkan emulsi film, apabila mengenai suatu bahan materi akan terjadi tiga hal yaitu :
 - a) Dipantulkan (dengan energi yang lebih lemah)
 - b) Diserap
 - c) Diteruskan

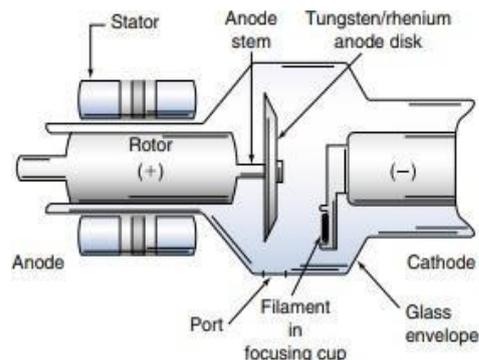
2.1.2 Pesawat Sinar-X

2.1.2.1 Komponen Pesawat Sinar-X

Komponen utama pesawat sinar-X terdiri dari Rumah tabung dan tabung gelas hampa udara. Kemudian ada pula komponen tambahan yang terdapat pada tabung sinar-X antara lain filter dan kolimator.

2.1.2.2 Tabung Sinar-X

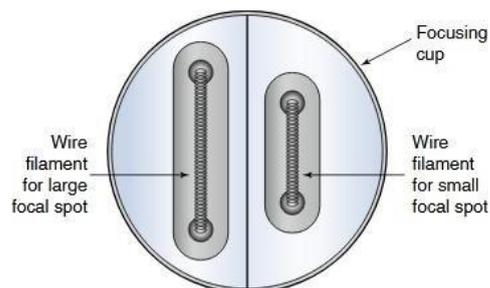
Tabung sinar-X terbuat dari besi baja yang berfungsi untuk menahan radiasi bocor dari tabung sinar-X, menahan tegangan tinggi, pendingin tabung sinar-X dan juga berfungsi melindungi tabung sinar-X yang terbuat dari *Pyrex*. Didalam rumah tabung dan di luar tabung sinar-X (insert tube) terdapat oli yang berfungsi untuk pendingin. (Sari, 2010). Rumah tabung diperlukan untuk memungkinkan kebocoran radiasi tidak lebih dari 100 mR / jam untuk keluar ketika diukur pada jarak 1 m dari sumber sementara tabung beroperasi pada keluaran maksimum (Fauber, 2017).



Gambar 2.3 Tabung Sinar-X (Fauber, 2017)

- a. Tabung Gelas Hampa Udara (*Glass Envelope*) merupakan sebuah tabung yang terbuat dari gelas atau pyrex yang tahan panas dan hampa udara. Didalam tabung gelas hampa udara ini terdapat ini terdapat dua elektroda yaitu katoda dan anoda. Katoda berfungsi sebagai kutub negatif,

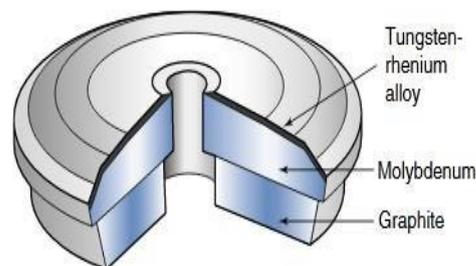
pada katoda terdapat filamen dan *focusing cup*. Filamen berbentuk seperti kumparan, yang tersusun atas kawat, sebagian besar pada tabung sinar-X memiliki filamen ganda yang dikenal dengan *Dual focus*. *Focusing cup* melekat pada filamen, yang terbuat dari bahan nikel, *focusing cup* berfungsi mengarahkan awan elektron sehingga arah pergerakan elektron lebih terarah menuju target (Sari, 2010).



Gambar 2.4 Katoda (Fauber, 2017)

Anoda adalah elektroda bermuatan positif yang terdiri dari molibdenum, cop-per, tungsten, dan grafit. Bahan-bahan ini digunakan untuk sifat konduktif termal dan listriknya (Fauber, 2017). Anoda adalah tempat terjadinya tumbukan elektron setelah diberikan tegangan tabung. Ada dua tipe anoda yang terdapat pada pesawat sinar-X yaitu anoda diam dan anoda putar. Anoda diam pada umumnya terbuat dari bahan tungsten atau campuran antara tungsten dan tembaga. Anoda diam sudah sejak lama ditinggalkan karena jenis anoda putar lebih cepat

rusak karena tumbukan hanya terjadi pada satu titik, akibatnya anoda akan cepat aus / bopeng. Pada anoda putar, bagian depannya terdapat target yang berfungsi sebagai tempat tumbukan elektron dari filament. Kemiringan target berkisar antara 7 derajat sampai 15 derajat (Sari, 2010). Gambar anoda dapat dilihat pada gambar 2.3.



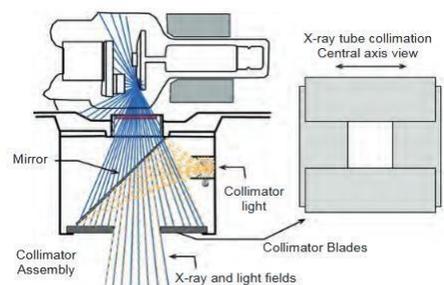
Gambar 2.5 Anoda (Fauber, 2017)

2.1.2.3 Kolimator

Kolimator adalah bagian dari pesawat sinar-X yang berfungsi untuk mengatur luas lapangan radiasi (Perka BAPETEN No. 15, 2014). Jenis perangkat pembatas sinar yang paling canggih, berguna, dan diterima untuk radiografi adalah kolimator. Pembatasan balok dicapai dengan penggunaan kolimator disebut sebagai kolimasi. Kolimator menggunakan dua penutup berkas sinar-X atau disebut dengan *shutter* dari timbal. Satu atau lebih shutter yang dapat disetel terletak 3–7 inci (8–18 cm) di bawah tabung. Shutter ini terdiri dari shutter transversal dan longitudinal, masing-

masing dengan kontrolnya sendiri. Desain ini membuat kolimator dapat disesuaikan dalam hal kemampuannya untuk menghasilkan bidang yang diproyeksikan dengan berbagai ukuran (Fauber, 2017).

Bentuk bidang yang dihasilkan oleh kolimator selalu persegi panjang atau persegi, kecuali jika diafragma, kerucut, atau silinder tekanan digerakkan di bawah kolimator. Kolimator dilengkapi dengan sumber cahaya putih dan cermin untuk memproyeksikan bidang cahaya ke pasien. Cahaya ini dimaksudkan untuk secara akurat menunjukkan di mana berkas sinar-X utama akan diproyeksikan selama pemaparan (Fauber, 2017).



Gambar 2.6 Komponen Kolimator (Bushberg, 2012)

Keterangan :

1. *Collimator assembly* : Rakitan kolimator biasanya dipasang ke rumah tabung di port tabung dengan sambungan putar.

2. *Collimator Blades* : Dua pasang jendela timah berlawanan vertical dan longitudinal yang dapat disetel menentukan bidang sinar-X persegi panjang.
3. *Mirror* : Di rumah kolimator, seberkas cahaya yang dipantulkan oleh cermin redaman sinar-X rendah meniru sinar x-ray. Jadi, kolimasi bidang sinar-X diidentifikasi oleh bayangan kolimator. *Collimator Light*: lampu kolimator berfungsi untuk melihat dan menentukan luas lapangan dan sentrasi. Gangguan yang ada pada kolimator seperti :
 - a. Gangguan pada Shutter Kolimator

Masalah pada *shutter* kolimator dapat diketahui bila adanya ketidaktepatan dalam ukuran indikator lapangan pada kolimator dengan lapangan penyinaran yang sebenarnya. Hal ini disebabkan oleh kemacetan pada *shutter* kolimator yang kadang terjadi pada *shutter* kolimator yang sudah tua. Jika salah satu kolimator ada yang terselip atau macet, maka salah satu tepi lapangan penyinaran akan tidak sesuai dengan yang dikehendaki. Sehingga luas lapangan sinar-X tidak akan sama dengan luas lapangan yang ditunjukkan oleh indikator luas lapangan (Rochmayanti dkk, 2017).

b. Penyudutan arah sinar

Masalah lain yang ditemukan yaitu penyudutan tabung kolimator. Arah sinar seharusnya tegak lurus terhadap alat perekam gambar dan tidak boleh ada penyudutan ke salah satu arah. Jika penyudutan terjadi maka gambaran akan mengalami distorsi. Lapangan sinar-X terkadang terlihat tidak sejajar dengan meja sinar-X. Hal ini dapat terjadi bukan karena ketidaksejajaran tetapi penyudutan arah sinar. Arah tabung sinar-X mungkin telah tegak lurus terhadap meja pemeriksaan, namun arah sinar belum tentu tegak lurus terhadap meja pemeriksaan. Penyudutan dianggap normal apabila penyudutan $\leq 3^\circ$ terhadap sumbu (Rochmayanti dkk, 2017).

c. Padamnya lampu kolimator

Padamnya lampu kolimator dapat menyebabkan kesulitan dalam menentukan titik pertengahan penyinaran objek. Hal ini dapat terjadi karena lampu tidak memiliki daya yang cukup kuat atau adanya kabel penghubung yang putus (Rochmayanti dkk, 2017). Menurut Papp (2019), pencahayaan atau iluminansi lampu kolimator yang

kurang dapat mengakibatkan kesalahan positioning dan pengulangan foto (*repeat images*). Masalah ini biasanya dapat diperbaiki dengan mengganti atau membersihkan cermin di dalam kolimator.

- d. Ketidak sejajaran antara lapangan sinar tampak dengan lapangan sinar X

Ketidaksejajaran antara lapangan sinar tampak dengan lapangan sinar-X disebabkan karena cermin yang memantulkan cahaya tampak tidak menyudut 45^0 , sehingga lapangan sinar tampak tidak bergeser ke salah satu arah (Rochmayanti dkk, 2017).

- e. Ketidak tepatan Berkas Kolimasi dengan Berkas Sinar-X

Ketidaktepatan berkas cahaya kolimasi dengan berkas sinar-X dapat menyebabkan *problem imaging* dan *hell effect* dari anoda yang berlebihan dan menyebabkan *cut-off*. Kesesuaian berkas radiasi dengan berkas cahaya kolimator adalah suatu keadaan dari kolimator dapat mengatur ukuran lapangan penyinaran sehingga adanya penyesuaian luas berkas cahaya lampu kolimator dengan berkas

radiasi yang keluar dari celah kolimator yang sama
(Papp, 2019).

2.1.3 COMPUTED RADIOGRAPHY (CR)

Komputer berasal dari bahasa latin yaitu computer yang berarti menghitung. Komputer adalah sebuah peralatan elektronik yang mempunyai kemampuan untuk menerima data, menyimpan data, dan menjalankan sebuah instruksi program secara otomatis melakukan perhitungan logika dan operasi manipulasi pada data dan melaporkan hasilnya.

Pada hakikatnya, komputer adalah alat hitung dan seiring dengan berkembangnya zaman komputer menjadi sebuah barang yang dapat difungsikan untuk berbagi keperluan, *computed radiography* (CR) merupakan salah satu sistem untuk mengubah sistem analog pada radiografi konvensional menjadi digital radiografi. *Computed radiography* merupakan suatu sistem dalam dunia radiologi yang memanfaatkan imaging plate, yaitu detector yang mempunyai data sensitifitas tinggi untuk mencatat gambar ke dalam photostimulable phosphor dan memungkinkan informasi gambar ini menjadi bentuk signal elektrik yang menggantikan kombinasi intensifying screen dan film pada sistem konvensional radiografi dalam menghasilkan bayangan laten.

Jadi, *computed radiography* (CR) adalah pencitraan sinar-X yang mengubah sistem analog pada radiografi konvensional menjadi

digital radiografi yang terhubung dengan komputer elektronik digital (Ballinger, 2003).



Gambar 2.7 *Computed Radiography* (2021)

2.1.3.1 Komponen Utama CR

a. *Image Plate* (IP)

Imaging Plate (IP) merupakan lembaran yang dapat menangkap dan menyimpan sinar-X, terdiri dari lapisan fosfor dan lapisan pendukung. *Image Plat* (IP) digunakan dengan cara *recording* dibaca oleh sinar laser dan dihapus untuk dipakai kembali. Dalam penggunaannya *Image Plat* (IP) berada di dalam kaset datar dengan berbagai ukuran Lapisan *Image Plat* (IP) terdiri dari :

1) Lapisan Pelindung

Lapisan ini berfungsi untuk melindungi *Image Plat* (IP) dari benturan (Ballinger, 2003), kerusakan saat proses *handling* dan transfer seperti goresan, kontraksi, pecah akibat temperatur dan kelembaban.

2) Lapisan Fosfor

Lapisan yang paling aktif dalam *Image Plat* (IP). Lapisan fosfor IP adalah lapisan kristal *Europium-doped Barium Fluorohalide* (BaFX;Eu^{2+}) atau *Photostimulable Phospor*. Saat menumbuk kristal ini, BaFX;Eu^{2+} berubah menjadi bentuk semistabil. Distribusi molekul semistabil ini membentuk gambar laten (Ballinger, 2003). Standar resolusi spatial dari IP kira-kira 2,5 lp/mm yang terdiri dari 150 nm lapisan BaFX;Eu^{2+} (Ballinger, 2003).

3) Lapisan penyokong

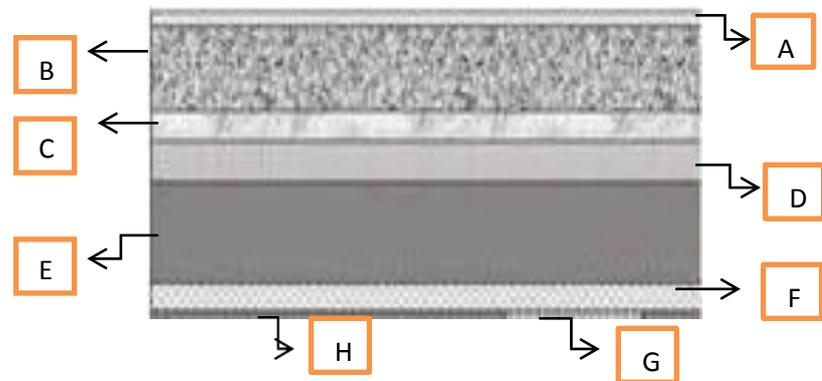
Lapisan penyokong adalah lapisan dasar yang melapisi lapisan lain yang terbuat dari poliester (Ballinger, 2003).

4) Lapisan Konduktor

Lapisan konduktor berfungsi mengeliminasi masalah-masalah elektrostatis dan menyerap cahaya untuk meningkatkan ketajaman (Ballinger, 2003).

5) Lapisan Pelindung Cahaya

Lapisan ini berfungsi untuk mencegah cahaya masuk saat proses penghapusan data dari IP, kebocoran, dan menurunkan resolusi spasial (Ballinger, 2003).



Gambar 2.8 Lapisan *Image Plate* (IP) (Bushong, 2013)

Keterangan :

- A. Lapisan Pelingung IP
- B. Lapisan Phospor
- C. Lapisan Pemantul Cahaya
- D. Lapisan Konduktif
- E. Lapisan Penyangga
- F. Lapisan Pelindung Cahaya
- G. Kode dan Identifikasi
- H. Lapisan Pelindung

b. Kaset

Kaset pada *Computed Radiography* terbuat dari *carbon fiber* dan bagian belakang terbuat dari alumunim, kaset ini berfungsi sebagai pelindung dari imaging plat.



Gambar 2.9 Kaset *Computed Radiograph* (2021)

c. *Image reader* (CR-Reader)

Merupakan alat untuk mengolah gambaran laten pada *imaging plate* (IP) menjadi data digital.

d. *Image Console* (Workstation)

Berfungsi sebagai pembaca dan pengolahan gambar yang diperoleh dari IP. Dilengkapi dengan preview monitor untuk melihat gambar radiografi yang dihasilkan apakah hasil memuaskan atau belum.

e. *Imager* (Dry printer dan CD)

Adalah sebuah tools untuk melakukan *preview* dan pembuatan image yang dapat kita gunakan untuk pengujian (Kristina, 2013).

2.1.4 Kendali Mutu (*Quality Control*)

Definisi kendali mutu (Papp, 2019) adalah bagian dari program jaminan mutu yang menitik beratkan aktifitas programnya pada teknik-teknik yang diperlukan bagi pengawas, perawatan dan menjaga elemen-elemen teknis dari suatu sistem peralatan radiografi dan imejing yang mempengaruhi mutu gambar. Menurut Bushong (2013), kendali mutu adalah suatu program yang di desain untuk meyakinkan bahwa seorang dokter spesialis radiologi hanya akan di hadapkan pada pembacaan (interpretasi) yang optimal.

a. Ruang Lingkup Kendali Mutu (*Quality Control*)

Menurut keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (*Quality Control*) peralatan radiodiagnostik, program kendali mutu berlaku bagi semua peralatan yang berhubungan dengan penggunaan sinar-X untuk tujuan diagnostik pada manusia dan sarana pendukungnya yaitu pesawat sinar-X diagnostik terpasang tetap (*stationary*) dan pesawat *mobile* tanpa dilengkapi dengan flouroskopi. Sedangkan sarana pendukung tersebut adalah kamar gelap, prosesing film, peralatan proteksi radiasi, kaset, tabir penguat, film radiografi, dan kotak pengamatan (*viewing box*).

b. Kegiatan Kendali Mutu

Menurut keputusan MENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (*Quality Control*) peralatan radiodiagnostik, kegiatan kendali mutu di bagi dalam tiga kegiatan besar, yaitu:

- 1) Kegiatan kendali mutu untuk pesawat sinar-X yang terdiri dari:
 - a) Pengujian terhadap tabung kolimasi

Pengujian terhadap tabung koimasi terdiri dari:
iluminasi lampu kolimator, pengujian berkas cahaya kolimator dan kesamaan berkas cahaya kolimasi.

b) Pengujian terhadap tabung pesawat sinar-X

Pengujian terhadap tabung pesawat sinar-X antara lain adalah : pengujian kebocoran rumah tabung, pengujian tegangan tabung, pengujian waktu eksposi.

c) Pengujian terhadap generator pesawat sinar-X

Pengujian terhadap generator pesawat sinar-X antara lain adalah : output radiasi, reproduktibilitas, dan *half value layer*.

d) Pengujian terhadap *automatic exposure control*

Pengujian terhadap *automatic exposure control* antara lain adalah: kendali paparan/densitas standar, penjajakan ketebalan pasien, *kilovoltage* dan waktu tanggap minimum.
(MENKES RI, 2009)

2) Kendali mutu untuk perlengkapan radiografi yang terdiri dari:

a) Pengujian terhadap film.

Pengujian terhadap film antara lain adalah : optimasi film radiografi dan sensitifitas film radiografi.

b) Pengujian terhadap kaset dan tabir penguat

Pengujian terhadap kaset dan tabir penguat antara lain adalah : kebocoran kaset radiografi, kebersihan tabir penguat/ *intensifying screen* dan kontak tabir penguat dengan film radiografi.

- c) Pengujian alat pelindung diri berupa inspeksi kebocoran.
- d) Pengujian tingkat pencahayaan film iluminator/ *viewing box* (MENKES RI, 2009).

3) Kendali mutu untuk ruang pemroses film radiografi yang terdiri dari :

- a) Pengujian terhadap rancangan ruangan

Pengujian terhadap rancangan ruangan antara lain adalah pengujian kebocoran kamar gelap dan pengujian *safelight* kamar gelap.

- b) Pengujian alat pemroses film radiografi secara otomatis.
- c) Pengujian alat pemroses film radiografi secara manual

Pengujian alat pemroses film radiografi secara manual antara lain adalah pengadukan larutan, penggantian larutan, dan penyimpanan bahan kimia.

- d) Pengujian alat pemroses film termal

Pengujian alat pemroses film termal antara lain adalah : penetapan nilai densitas rujukan dan verifikasi penerimaan resolusi spatial dan tingkat artefak (MENKES RI, 2009).

2.1.5 Uji Kesesuaian Kolimasi Pesawat Sinar-X

Uji kesesuaian pesawat sinar-X adalah uji untuk memastikan pesawat sinar-X dalam kondisi andal, baik untuk kegiatan radiologi

diagnostik maupun intervensional dan memenuhi peraturan perundangan-undangan (Indrati, et al, 2017).

Kurangnya kesesuaian sinar-X dengan *collimator beam* dan ketidaksejajaran cahaya dengan bucky dapat mempengaruhi kualitas radiograf. Selain itu, jika pusat sinar-X tidak tegak lurus terhadap meja dan bucky maka dapat mengganggu kualitas radiograf (Fauber, 2013).

2.1.5.1 Nilai Standar toleransi kesesuaian kolimasi pesawat sinar-X

Berdasarkan keputusan menteri kesehatan republik indonesia nomor 1250 tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (Quality Control) peralatan radiodiagnostik, nilai standar toleransi kesesuaian luas lapangan *collimator beam* dengan berkas sinar-X sesuai dengan standar NRCP (National Council of Radiation Protection and Measurement) yaitu $X1+X2 \leq 2\%$ dari FFD dan $Y1+Y2 \leq 2\%$ dari FFD (Focus Film Distance) dan standar toleransi penyimpangan titik pusat *collimator beam* dengan berkas sinar-X sesuai dengan standar NRCP (*National Council of Radiation Protection and Measurement*) yaitu $\leq 3\%$ FFD.

2.1.5.2 Frekuensi Uji Kesesuaian Kolimasi

Berdasarkan keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (Quality Control) peralatan radiodiagnostik, uji kesesuaian pesawat sinar-X dengan berkas sinar-X pada

pesawat sinar-X diagnostik dilakukan dengan frekuensi satu bulan sekali atau setelah perbaikan, perawatan rumah tabung dan kolimasi.

2.1.5.3 Prosedur Uji Kesesuaian kolimasi pesawat sinar-X

Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009

cara pengujian berkas cahaya kolimator sebagai berikut :

- a. Letakkan kaset 24x30 pada permukaan yang datar.
- b. Yakinkan bahwa anoda dan katoda adalah paralel ke kaset.
- c. Sentrasi tabung sinar-X dipusatkan di tengah kaset dan atur jarak antara *focus* dengan film (FFD) setinggi 100 cm.
- d. Letakkan *Collimator Test Tool* pada pertengahan kaset.
- e. Cahaya kolimator diatur tepat dalam area persegi panjang *plate test tool*.
- f. Tempatkan beam alignment test tool pada pusat area pencahayaan.
- g. Hidupkan lampu kolimator, atur luas lapangan cahaya sesuai dengan garis persegi panjang yang ada di permukaan *plate test tool*.
- h. Lakukan eksposi radiografi agar di peroleh densitas optimis pada film yang dapat diobservasi oleh *evaluator*.
- i. Proses film ini di CR dan cek kesesuaian kolimasi dan berkas sinar-X.
- j. Ulangi untuk ukuran *focal spot* yang lain.

- k. Pada pengukuran *collimator test tool*, catat perubahan skala lapangan radiasi X2 dan Y2 dan skala lapangan kolimasi X1 dan Y1 dalam lembar kerja.
- l. Bandingkan hasil gambaran pengukuran dengan standar $\text{NRCP} \leq 2\%$ dari FFD dengan persamaan 1 :

$$\begin{aligned} X1 + X2 &\leq 2\% \text{ FFD} \\ Y1 + Y2 &\leq 2\% \text{ FFD} \end{aligned}$$

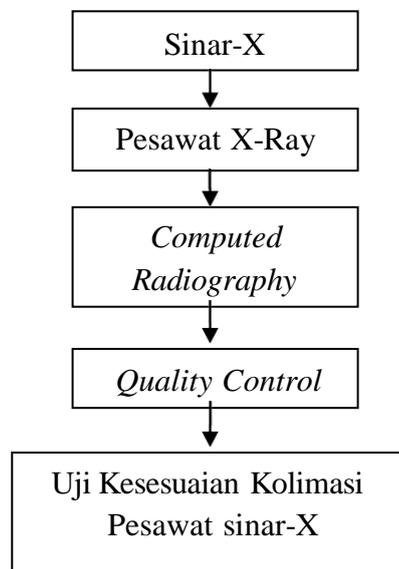
Keterangan :

$X1 + X2$: Selisih jarak sumbu X dari luas lapangan kolimasi dan berkas sinar X sisi kiri dan kanan

$Y1 + Y2$: Selisih jarak sumbu Y dari luas lapangan kolimasi dan berkas sinar Y atas dan bawah

FFD : Jarak ketinggian antara tabung sinar-X dengan film/kaset dalam *centimeter*

2.2 KERANGKA TEORI



Gambar 2.10 Kerangka Teori

2.3 HIPOTESIS PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah dan kerangka yang telah di utarakan di atas, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah :

Ho : Tidak terdapat pergeseran luas kolimator pada kolimator pesawat konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center

Ha : Terdapat pergeseran luas kolimator pada pesawat konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 JENIS PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penulisan karya tulis ilmiah ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode penelitian studi kasus, yaitu peneliti langsung turun ke lapangan untuk melakukan penelitian mengenai uji kesesuaian kolimasi pesawat sinar-X.

3.2 POPULASI DAN SAMPEL

3.2.1 Populasi

Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri dari obyek/subyek yang memiliki kuantitas dan karakteristik tertentu yang di tetapkan oleh peneliti untuk di pelajari dan kemudian di tarik kesimpulannya. (Siyoto & Soqik, 2015). Populasi dalam penelitian ini adalah Kolimator.

3.2.2 Sampel

Penentu sampel pada penelitian ini yaitu menggunakan teknik sampling purposive. Sampling purposive adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan atau kriteria-kriteria tertentu (Sujarweni, 2019). Adapun sampel yang di gunakan dalam penelitian ini adalah pergeseran kolimasi.

3.3 LOKASI DAN WAKTU

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi Pekanbaru Medical Center Provinsi Riau. Dilakukan pada bulan April-Juni 2021

3.4 INSTRUMEN PENELITIAN

Instrument yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pesawat sinar-X

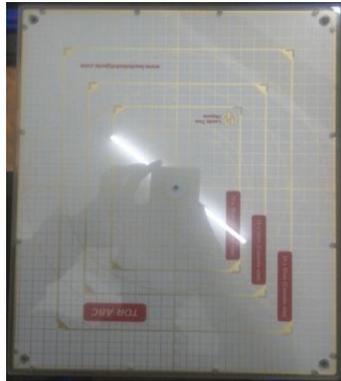
- a. Merk : Siemens
- b. Nomor seri : 9K746
- c. Tegangan maksimum : 150 kV, 320 mAs
- d. Buatan : China



Gambar 3.2 Pesawat sinar-X (2021)

2. *Collimator Test Tool* untuk mengukur tingkat kesejajaran lapangan penyorotan antara luas kolimasi dengan berkas sinar-X.

- a. *Merk/ type : Leeds Test Objects/ TOOR ABC*



Gambar 3.3 *Collimator Test Tool* (2021)

3. *Beam alignment test tool* untuk mengukur kesejajaran titik pusat antara *Collimator Test Tool* dengan berkas sinar-X.



Gambar 3.4 *Beam Aliegment Test Tool* (2021)

4. Kaset CR merk *fuji film* ukuran 24x30 cm



Gambar 3.5 Kaset CR (2021)

5. *Waterpass merk great* berfungsi untuk mengukur kedataran tabung sinar-X dan meja pemeriksaan.

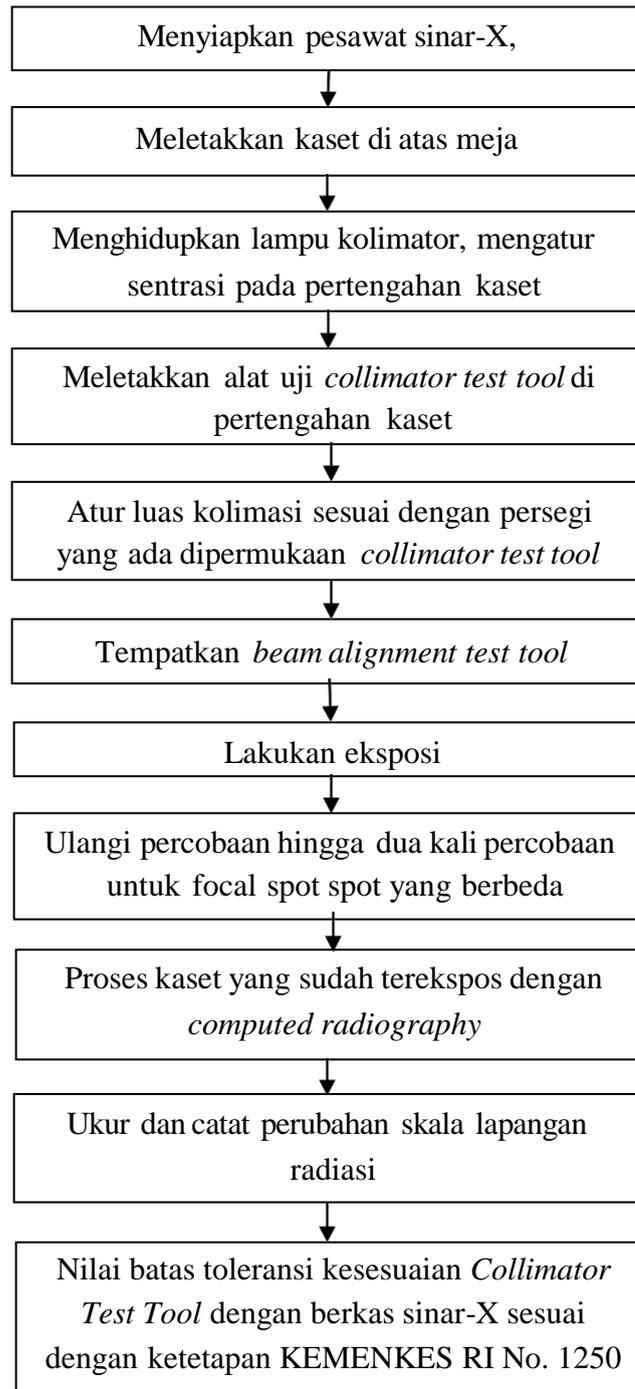


Gambar 3.6 *Waterpass* (2021)

6. Mistar/ penggaris *merk micro star*, untuk mengukur simpangan
7. *Viewing box* untuk melihat hasil gambaran radiograf lebih jelas

3.5 PROSEDUR PENELITIAN

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.7 Langkah-langkah Penelitian

Pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mempersiapkan alat dan bahan, pastikan pesawat sinar-X diatur dalam posisi “ON” lalu meletakkan kaset ukuran 24 x 30 cm di atas meja pemeriksaan yang datar dan letakkan *waterpass* di atas meja pemeriksaan untuk mengukur kesejajaran meja, yakinkan bahwa lampu kolimator pada pesawat sinar-X diatur tegak lurus terhadap kaset dengan sentrasi tabung sinar-X dipusatkan di tengah kaset lalu atur jarak antara focus dengan film (FFD) setinggi 100% cm.

Setelah menentukan alat dan bahan siap untuk digunakan, letakkan *collimator test tool* di pertengahan kaset lalu nyalakan lampu kolimator dan atur luas lapangan penyorotan cahaya kolimator sesuai dengan garis persegi panjang yang ada pada permukaan alat *uji collimator test tool*, selanjutnya letakkan *beam alignment test tool* pada area pencahayaan, mengatur faktor eksposi. Setelah mengatur eksposinya lalu ekspos dan ulangi percobaan hingga dua kali percobaan dengan menggunakan focal spot yang berbeda.

Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center menggunakan focal spot kecil yaitu dengan 63 kV dan 12 mAs, sedangkan focal spot besar menggunakan 150 kV dan 32 mAs, Setelah melakukan pengulangan eksposi dengan focal spot yang berbeda, lakukan *processing* pada kaset yang sudah di ekspos pada *computed radiography*, lalu ukur hasil dan catat perubahan skala lapangan radiasi yang tampak pada film radiografi.

Jika sudah mendapatkan hasil dari pengukuran tersebut, bandingkan nilai batas toleransi kesesuaian kolimasi dengan berkas sinar-X sesuai dengan ketentuan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 dengan standar NCRP (*National Council of Radiation Protection and Measurement*) yaitu $\leq 2\%$ FFD (*focus film distance*).

3.6 ANALISIS DATA

Pada penelitian ini, data didapatkan berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan cara mengukur selisih skala lapangan kolimasi dengan skala lapangan berkas sinar-X. Analisis tingkat kesesuaian kolimasi dengan berkas sinar-X yang dihasilkan menggunakan standar pengukuran dengan mengikuti persamaan 1 di atas.

Kolimotor dikatakan baik apabila lapangan sinar-X jatuh tepat pada garis tepi persegi panjang plat test tool atau pergeseran tidak melebihi nilai batas toleransi kesesuaian pesawat sinar-X dengan berkas sinar-X sesuai dengan ketentuan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 dengan standar NCRP (*National council of radiation protection and measurement*), dengan demikian maka pesawat sinar-X tersebut dapat dikatakan layak dan sebaliknya apabila hasil penelitian melebihi nilai batas yang ditentukan, maka pesawat harus dilakukan perbaikan.

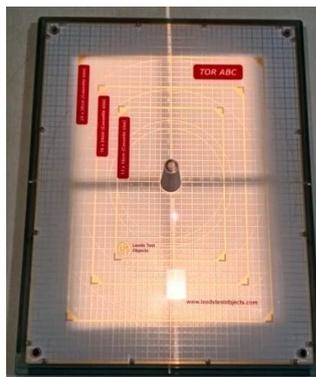
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL

Pengujian kesesuaian luas kolimator pada pesawat x-ray konvensional merk siemens di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center dilakukan dengan menggunakan focal spot besar dan kecil. Pengujian dilakukan dengan dua kali pengujian, pengujian pertama menggunakan focal spot besar, dilakukan satu kali uji dan pengujian kedua menggunakan focal spot kecil dilakukan dengan dua kali uji dengan menggunakan pesawat rontgen dengan merk Siemens.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Collimator Test Tool*, yaitu alat untuk mengukur tingkat kesejajaran lapangan penyinaran antara luas kolimasi dengan berkas sinar-X dengan merek *Leeds Test Objects* tipe *TOOR ABC*. Berikut adalah gambar dari *Collimator Test Tool*.



Gambar 4.1 Pengujian kolimator
dengan *collimator test tool*
(2021)

4.1.1 Focal Spot Besar

Pengujian pertama kolimator pada pesawat konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center menggunakan focal spot besar dengan faktor eksposi 150 kV dan 32 mAs, hasil gambaran pada pengujian dengan menggunakan focal spot besar dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.2 Hasil menggunakan focal spot besar pengujian (2021)

Dari hasil gambar di atas, tidak dapat memberikan informasi untuk dilakukan pengukuran. Hal ini diakibatkan oleh penggunaan faktor eksposi yang terlalu tinggi, sehingga menghasilkan nilai derajat kehitaman pada film yang sangat tinggi dan tidak dapat dilakukan perhitungan pada sumbu X dan Y.

4.1.2 Focal Spot Kecil

Pada pengujian dengan focal spot kecil menggunakan faktor eksposi 63 kV dan 12 mAs. Didapatkan hasil gambaran dengan kualitas yang baik untuk dilakukan tahap pengukuran.

4.1.2.1 Pengujian Pertama

Hasil radiograf dari pengujian pertama dari focal spot kecil dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.4 Hasil radiograf pengujian pertama dari focal spot kecil (2021)

Dari gambar 4.4 di atas dapat dilihat adanya pergeseran pada tiap sisi sumbu X dan Y antara bidang berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar-X. Hasil pengukuran pergeseran berkas pada kolimator (n) didapatkan dari nilai selisih dari nilai pengukuran *collimator test tool* (a) dengan nilai pengukuran berkas sinar-X (b). Hasil pengukuran pada pengujian pertama dari focal spot kecil dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pengujian Pertama

Sumbu	Pengukuran <i>collimator test tool</i>	Pengukuran berkas sinar-X	Hasil pengukuran
X1	9,00 cm	8,58 cm	0,42 cm
X2	9,00 cm	9,369 cm	-0,369 cm
Y1	12,00 cm	12,43 cm	-0,43 cm
Y2	12,00 cm	13,047 cm	-1,047 cm

4.2 Hasil Perhitungan Pengujian Pertama

Perhitungan sumbu X	Perhitungan sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$0,42 + 0,369 = 0,789 \text{ cm}$	$0,43 + 1,047 = 1,477 \text{ cm}$

Perhitungan hasil dari pengujian pertama ditunjukkan pada 4.2, didapatkan total pergeseran antara berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar-X dengan nilai pergeseran pada sumbu X sebesar 0,789 cm dan sumbu Y sebesar 1,477 cm.

4.1.2.2 Pengujian Kedua

Hasil radiografi pada pengujian kedua dari focal spot kecil dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.5 Hasil radiograf pengujian kedua dari focal spot kecil

Dari gambar 4.5 di atas dapat dilihat adanya pergeseran berkas antara bidang berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar-X pada tiap sisi sumbu X dan Y. Hasil pengukuran (n) dilakukan sama dengan pengujian pengujian pertama dengan cara menilai hasil selisih dari pengukuran *collimator test tool* (a) dengan pengukuran berkas sinar-X (b). Hasil pengukuran pada pengujian kedua dari focal spot kecil dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Pengujian kedua

Sumbu	Pengukuran <i>collimator test tool</i>	Pengukuran berkas sinar-X	Hasil Pengukuran
X1	9,00 cm	8,083cm	-0,917 cm
X2	9,00 cm	8,83 cm	0,17 cm
Y1	12,00 cm	12,5 cm	-0,5 cm
Y2	12,00 cm	13,083 cm	-1,083 cm

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan pengujian kedua

Perhitungan sumbu X	erhitungan sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} 100 \text{ cm}$	$1 + Y2 \leq \frac{2}{100} 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$0,917 + 0,17 = 1,087 \text{ cm}$	$,5 + 1,083 = 1,583 \text{ cm}$

Perhitungan hasil dari pengujian kedua ditunjukkan pada 4.4, didapatkan total pergeseran antara berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar-X dengan nilai pergeseran pada sumbu X sebesar 1,087 cm dan sumbu Y sebesar 1,583 cm.

$$\frac{\text{Pengujian 1} + \text{Pengujian 2}}{2}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata X} &= \frac{X_{P1} + X_{P2}}{2} \\ &= \frac{0,789 + 1,087}{2} \\ &= 0,938 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Y} &= \frac{Y_{P1} + Y_{P2}}{2} \\ &= \frac{1,477 + 1,583}{2} \\ &= 1,53 \text{ cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan rata-rata pada nilai $X = 0,938 \text{ cm}$ dan $Y = 1,53 \text{ cm}$ tidak dapat pergeseran atau tidak melebihi nilai batas toleransi kesesuaian pesawat sinar-X dengan berkas sinar-X sesuai dengan ketentuan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009. dengan standar

NRCP (National council of radiation protection and measurement), dengan demikian maka pesawat sinar-X tersebut dapat dikatakan layak dan sebaliknya apabila hasil penelitian melebihi nilai batas yang ditentukan, maka pesawat pesawat harus dilakukan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan , maka di dapatkan pergeseran tidak melebihi nilai toleransi ≤ 2 % yang telah di tetapkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009. Hal ini menyatakan bahwa pesawat konvensional di instalasi Radiologi Pekanbaru Medical Center masih layak digunakan dalam proses penyinaran sinar-X.

4.2 PEMBAHASAN

4.2.1 Pergeseran luas lapngan penyinaran pada kolimator pesawat konvensional di instalasi radiologi rumah sakit pekanbaru medical center.

Menurut hasil observasi peneliti lakukan pengujian kesesuaian luas kolimator pada pesawat x-ray konvensional merk siemens di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center dilakukan dengan menggunakan focal spot besar dan kecil. Pengujian dilakukan dengan dua kali pengujian. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, adanya pergeseran berkas sinar-X pada pengukuran dan perhitungan pada pengujian kedua dengan menggunakan focal spot kecil. Pengujian pertama dengan menggunakan focal spot besar tidak dapat memberikan informasi untuk dilakukannya perhitungan, tingginya derajat kehitaman pada film diakibatkan faktor

eksposi yang besar sehingga mempengaruhi densitas gambaran yang gelap. Sedangkan pengujian focal spot kecil menggunakan dua kali pengujian. pengujian pertama dan kedua adanya pergeseran pada sisi sumbu X dan Y antara bidang berkas collimator test tool dengan berkas sinar-X, tetapi masih dalam batas toleransi sesuai dengan ketentuan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 .

Menurut KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 nilai batas standar toleransi kesesuaian luas lapangan kolimator dengan berkas sinar-X sesuai dengan standar NRCP yaitu $X1 + X2 \leq 2 \% \text{ dari ffd}$ $Y1 + Y2 \leq 2 \% \text{ dari ffd}$ dan standar toleransi penyimpangan titik pusat kolimator dengan berkas sinar-X NRCP yaitu $\leq 3\% \text{ FFD}$. Hal ini sesuai dengan hasil observasi yang peneliti lakukan.

Menurut hasil observasi peneliti dari hasil sumbu X = 0.938 cm dan sumbu Y = 1.52 cm maka dari hasil tersebut tidak ada penyimpangan. Atau tidak melebihi batas toleransi hal ini sesuai dengan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009. Menurut peneli hasil uji kesesuaian luas kolimasi pada pesawat X-ray konvensional merk siemens di instalasi radiologi rumah sakit pekanbaru medical center masih layak digunakan.

4.2.2 Berapa Besar Pergeserannya luas lapangan penyinaran pada kolimator

Menurut hasil observasi yang peneliti lakukan pengujian dengan focal spot kecil menggunakan faktor eksposi 63 kV dan 12 mAs. Didapatkan hasil gambaran dengan kualitas yang baik untuk dilakukan tahap pengukuran Pengujian kedua dengan focal spot kecil dilakukan 2 kali uji. Perhitungan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.4, perhitungan hasil pengujian pertama terdapat pergeseran pada sumbu X sebesar 0,789 cm dan sumbu Y sebesar 1,477 cm, pada perhitungan shasil pengujian kedua juga terdapat nilai pergeseran berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar- X, dengan nilai pergeseran pada sumbu X sebesar 1,087 cm dan sumbu Y sebesar 1,583 cm. Hasil dari perhitungan menunjukkan rata-rata nilai pergeseran berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar-X sebesar 0,938 cm pada sumbu X dan 1,53 cm pada sumbu Y.

Menurut ketentuan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009 pergeseran dari sumbu X dan Y yaitu $X_1 + X_2 \leq 2\%$ dari FFD $Y_1 + Y_2 \leq 2\%$ dari FFD dan standar toleransi penyimpangan titik pusat kolimator dengan berkas sinar-X sesuai standar NRCP yaitu $\leq 3\%$ FFD.

Menurut peneliti hasil dari sumbu X= 0,938 cm Y= 1,53 cm ia tidak melebihi batas toleransi yang sesuai ketentuan

KEMENKES No. 1250 Tahun 2009, maka menurut peneliti pergeseran luas lapangan kolimasi pada pesawat X-ray merk siemen di instalasi radiologi rumah sakit pekabaru medical center pergeseran kolimasi masih dapat di toleransi.

4.2.3 Batas toleransi sesuai dengan KEMENKES RI No. 1250/KES/SK/XII/2009

Kolimator dikatakan baik apabila lapangan sinar-X jatuh tepat pada garis tepi persegi panjang plat test tool atau pergeseran tidak melebihi nilai batas toleransi kesesuaian pesawat sinar-X dengan berkas sinar-X sesuai dengan ketetapan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 dengan standar NRCP (*National council of radiation protection and measurement*), dengan demikian maka pesawat sinar-X tersebut dapat dikatakan layak dan sebaliknya apabila hasil penelitian melebihi nilai batas yang ditentukan, maka pesawat harus dilakukan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan, maka didapatkan pergeseran tidak melebihi nilai toleransi $\geq 2\%$ yang telah ditetapkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009. Hal ini menyatakan bahwa pesawat konvensional di Instalasi Radiologi Pekanbaru Medical Center masih layak untuk digunakan dalam proses penyinaran sinar-X.

Menurut peneliti pergeseran dari kolimasi pesawat X-ray konvensional merk siemen di instalasi radiologi rumah sakit

pekanbaru medical center masih dalam batas toleransi yang sesuai dengan ketentuan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009.

Menurut PERKA BAPETEN No.9 Tahun 2011 tentang uji kesesuaian luas kolimasi pesawat X-ray radiologiagnostik dan intervensional pasal 5, kolimator merupakan salah satu parameter yang harus di uji dan merupakan salah satu parameter utama uji kesesuaian maksud dari parameter utama ialah parameter yang secara langsung yang mempengaruhi dosis radiasi pasien dan menentukan kelayakan pesawat sinar-X.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji kesesuaian yang telah dilakukan membuktikan bahwa pada pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Adanya pergeseran pada berkas *collimator test tool* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center.
2. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata pergeseran sebesar 0,938 cm pada sumbu X dan 1,53 cm pada sumbu Y.
3. Uji kesesuaian kolimasi pada pesawat konvensional Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center tidak melebihi batas toleransi, dengan nilai pergeseran $\geq 2\%$ FFD dan layak untuk digunakan dalam proses pencitraan radiologi sinar-X.

5.2 SARAN

Dari hasil pengujian penulis lakukan bisa memberikan saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya pesawat yang ada di rumah sakit terutama pada pesawat konvensional harus di uji secara berkala sesuai dengan peraturan yang

ditetapkan.

2. Pada pengujian pesawat diperlukan sebuah alat sederhana sebagai pengganti alat pengujian yang sebenarnya sehingga pesawat dapat dikontrol setiap saat
3. Penelitian ini diharapkan untuk bisa dilanjutkan oleh peneliti selanjutnya pada pengujian kesesuaian kolimasi dengan menggunakan variasi FFD dan uji titik fokus berkas sinar-X dengan menggunakan *beam alignment testtool*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bushberg, J. T. 2012. *The Essential Physics of Medical Imaging*. Third Edition. USA : Lippincott Williams & Wilkins
- Bushong, S. C. 2013. *Radiologic Science for Technologists : Physics, Biology, and Protection*. Canada : Elsevier Health Sciences
- Dwinanto, B. 2010. *Teknik Radiografi Kepala*. Padang : Universitas Baiturrahmah
- Fauber, T. L. 2012. *Radiographic Imaging and Exposure*. Fifth Edition. St Louis: Missouri.
- Indrati, R, Murniati, M, Susanto, E, Abimanyu, B, Wibowo, A.S, Kartikasari, Y, Masrochah, S & Darmini. 2017. *Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik dan intervensional*. Magelang: Inti Medika Pustaka
- Kane & Suzanne A. 2020. *Introduction To Physics in Modern Medicine*. Third Edition. Suite Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Khan & Faiz M. 2014. *The Physics of Radiation Theraphy*. Fifth Edition. USA: Lippincott Williams & Wilkins
- Martono, N. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Papp, J. 2019. *Quality Management in the Imaging Science*. Sixth Edition. St Louis: Missouri.
- PERKA BAPETEN. 2014. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir RI Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta : BAPETEN

- PERMENKES RI No. 1250 Tahun 2009. Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik. Jakarta : Kemenkes
- Rahman, N. 2009. *Radiofotografi*. Padang : Universitas Baiturrahmah.
- Rochmayanti, D. 2013. “Analisis Pengujian Sistem Kolimasi Pesawat Mobile Unit Sinar-X Merk Toshiba DRX-1603B di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Daerah RA Kartini Jepara” *Radiografi dan Imaging*, hal 08-11.
- Sari, A.W & Siti, H 2017. *Uji Kesesuaian Collimator Beam dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Rasio di Instalasi Radiologi Raden Mattaher Jambi. Jurnal Pusat Sains dan Teknologi Akselerator*. 29-34.
- Sari, O. P. 2010. *Fisika Radiasi*. Padang: Universitas Baiturrahmah
- Siyoto, S & Sodik, M. A. 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta : Literalis Media Publishing
- Sujarweni, V. W. 2019. *Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Pustakabarupress
- Suyatno, F, Djiwo H & Azizah, M. 2011. Rancang Bangun Pemilih Arus dan Pewaktu pada Pesawat Sinar-X Berbasis Mikrokontroler AT89S51. 5(2): 151 – 165.
- Winarno, M. E. 2013. *Metodologi Penelitian dalam Pendidikan Jasmani*. Malang: UM Press

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian



Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan

AWAL BROS PEKANBARU

No : 091 /C.1a/STIKes-ABP/D3/06.2021 Pekanbaru, 24 Juni 2021
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth :
Bapak/Ibu Direktur RS Pekanbaru Medical Center (PMC)
di-

Tempat

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

Teriring puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa, berdasarkan kalender Akademik Prodi Diploma III Teknik Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Awal Bros Pekanbaru Tahun Ajaran 2020/2021, 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 : Karmila
Nim : 18002016
Dengan Judul : Uji Kesesuaian Kolimasi pada pesawat Konvensional di Instalasi Radiologi RS Pekanbaru Medical Center (PMC)

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

Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Radiologi
STIKes Awal Bros Pekanbaru

Shelly Angella, M.Tr. Kes
NIDN:1022099201

Tembusan :
1. Arsip

Jl. Karya Bakti No. 8 Simp. BPG, Kel. Bambu Kuning,
Kec. Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau 28141
Telp. (0761) 8409768/0812-7552-3788
Email : stikes.awalbrospekanbaru@gmail.com

Lampiran 2 Surat Balasan Izin Penelitian



Rumah Sakit PMC
PEKANBARU MEDICAL CENTER



Jl. Lembaga Pemasarakatan No. 25 Gobah, Pekanbaru Riau – Indonesia
Telp. (0761) 848100, 859510 Fax. (0761) 859510 E-mail : rspmc.pku@gmail.com

TERAKREDITASI UTAMA
KARS

Nomor : 381/RS.PMC/DIR/VI/2020
Perihal : Izin Survey Awal

Pekanbaru, 04 Juni 2021

Kepada Yth,
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi
STIKes Awal Bros Pekanbaru
di-
Tempat

Dengan Hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini atas nama Direksi RS. Pekanbaru Medical Center menerangkan bahwa :

Nama : Karmila
NIM : 18002016

telah disetujui untuk melakukan survey pendahuluan dengan judul “ Uji Kesesuaian Kolimasi pada Pesawat Sinar x di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center ”.

Demikianlah surat ini di sampaikan, atas kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Hormat kami,

dr. Fanny Annisa Abriani
Direktur

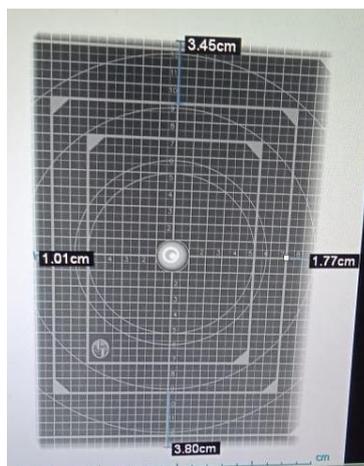
Lampiran 3 Hasil Radiograf Pengujian



Hasil pengujian dengan focal spot besar



Hasil pengujian pertama focal spot kecil



Hasil pengujian kedua focal spot kecil

