

**UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS
SINAR-X PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI
INSTALASI RADIOLOGI RSUD ARIFIN ACHMAD
PROVINSI RIAU**

KARYA TULIS ILMIAH



Oleh :

YOGA SAPUTRA
NIM. 17002016

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI
SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN AWAL BROS
PEKANBARU
2020**

**UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS
SINAR-X PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI
INSTALASI RADIOLOGI RSUD ARIFIN ACHMAD
PROVINSI RIAU**

KARYA TULIS ILMIAH

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh
gelar Ahli Madya Kesehatan



Oleh :

YOGA SAPUTRA
NIM. 17002016

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI
SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN AWAL BROS
PEKANBARU
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah telah diperiksa oleh Tim Pembimbing Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma III Teknik Radiologi STIKes Awal Bros Pekanbaru dan disetujui untuk dilakukan Sidang Karya Tulis Ilmiah.

JUDUL : UJI KESESUAIAN COLLIMATOR BEAM DENGAN BERKAS SINAR-X PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI RIAU

PENYUSUN : YOGA SAPUTRA

NIM : 17002016

Pekanbaru, 9 Oktober 2020

Pembimbing I



(Yoki Rahmat, M.Si)
NIDN. 1012049203

Pembimbing II



(Marido Bisra, S.Tr. Rad)
NIK. AB3. 032018.009

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 Teknik Radiologi STIKes Awal Bros Pekanbaru.

JUDUL : UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS SINAR-X PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI RIAU

PENYUSUN : YOGA SAPUTRA

NIM : 17002016

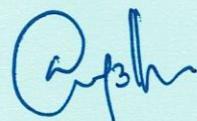
Pekanbaru, 9 Oktober 2020

1. Penguji : T.M. Yoshandi, M.Sc ()
NIDN. 1020089302

2. Pembimbing I : Yoki Rahmat, M.Si ()
NIDN. 1012049203

3. Pembimbing II : Marido Bisra, S.Tr. Rad ()
NIK. AB3. 032018.009

Mengetahui Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Radiologi



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

Mengetahui
Ketua STIKes Awal Bros Pekanbaru

(Dra. Wiwik Suryandartiwi A, MM)
NIDN. 1012076601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yoga Saputra

NIM : 17002016

Judul Tugas Akhir : Uji Kesesuaian *Collimator Beam* Dengan Berkas Sinar-X
Pada Pesawat Sinar-X Diagnostik Di Instalasi Radiologi
RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah karya asli penulis, apabila dikemudian hari terbukti bahwa Tugas Akhir ini tidak asli, maka penulis bersedia mendapatkan sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Pekanbaru, 9 Oktober 2020

Penulis,



(Yoga Saputra)
NIM. 17002016

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI

STIKES AWAL BROS

Karya Tulis Ilmiah (KTI), 2020

UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS SINAR-X
PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI INSTALASI RADIOLOGI
RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI RIAU

YOGA SAPUTRA, 17002016

XVII + 73 Halaman + 2 Bagan + 15 Tabel + 45 Gambar + 10 Lampiran

ABSTRAK

Uji kesesuaian pesawat sinar-X perlu dilakukan agar tidak terjadi penyimpangan foto pada saat pemeriksaan pasien. Salah satu bentuk uji kesesuaian pesawat adalah uji kesesuaian *collimator beam* dengan sinar-X. Tujuan pengujian ini adalah agar tidak terjadi pergeseran sudut atau jarak pada tabung sinar-X. Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan menggunakan metode desain eksperimental. Penelitian dilakukan dengan alat *collimator test tool* dan melalui tiga kali percobaan untuk setiap *focal spot* baik *focal spot* kecil maupun *focal spot* besar. Berdasarkan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009 nilai batas toleransi penyimpangan adalah $\leq 2\%$ FFD untuk uji kesesuaian *collimator beam* dan $\leq 3^\circ$ untuk uji kesesuaian titik pusat.

Berdasarkan hasil uji kesesuaian *collimator beam*, diperoleh nilai penyimpangan yang melebihi batas toleransi pada sumbu X yaitu dengan nilai rata-rata 2,25 cm pada *focal spot* kecil dan 2,20 cm pada *focal spot* besar. Kemudian pada seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* menunjukkan titik pusat berada di dalam lingkaran kecil dengan nilai $< 1,5^\circ$, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi.

Kata Kunci : *Collimator Beam, Collimator Test Tool, Focal Spot Kecil, Focal Spot Besar, Titik Pusat, Beam Alignment.*

DIPLOMA III RADIOLOGY STUDY

STIKes AWAL BROS

Karya Tulis Ilmiah (KTI), 2020

CONFORMITY TEST OF THE COLLIMATOR BEAM TO X-RAY ON
DIAGNOSTIC X-RAY MACHINE AT THE RADIOLOGY INSTALLATION
OF ARIFIN ACHMAD HOSPITAL, RIAU

YOGA SAPUTRA, 17002016

XVII + 73 Page + 2 Chart + 15 Table + 45 Figure + 10 Appendix

ABSTRACT

Conformity test needs to be done in order to avoid deviation of X-rays photo. One of the test is conformity test collimator beam to X-ray. It aims to make sure angle and distance shift does not occur. This study was done at Radiology Installation of Arifin Achmad Hospital, Riau.

This study is quantitative with experimental design by using collimator test tool. Tests were be done three times to each big and small focal spot. Based on Ministry of Health No. 1250 on 2009, deviation tolerance limit value is $\leq 2\%$ FFD for conformity test of collimator beam and being $\leq 3^\circ$ for the center point conformity test.

This conformity test got the deviation value exceed the tolerance limit on X axis namely of 2.25 cm in average on small focal spots and 2.20 cm on big focal spots. Conformity test results of the beam alignment entirely showed that center point was in a small circle with $< 1.5^\circ$ value. This means there is no deviation of center point which exceed tolerance limit.

Keyword : Collimator Beam, Collimator Test Tool, Small Focal Spot, Big Focal Spot, Center Point, Beam Alignment.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama : Yoga Saputra

Tempat / Tanggal Lahir : Air Bagi / 3 Juni 1997

Agama : Islam

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Anak Ke : 1 dari 3 bersaudara

Status : Mahasiswa

Nama Orang Tua

Ayah : Amiludin

Ibu : Yuniarti

Alamat : Air Bagi Concong Tengah, RT 002, RW 001, Kec.
Concong Tengah, Kab. Indragiri Hilir, Provinsi Riau

Latar Belakang Pendidikan

Tahun 2003 s/d 2009 : SDN 005 Air Bagi Concong Tengah (Berijazah)

Tahun 2009 s/d 2012 : MTs Al-Huda Air Bagi Concong Tengah (Berijazah)

Tahun 2012 s/d 2015 : SMAN 2 Tembilahan (Berijazah)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas kasih sayang-Nya yang telah memberikan ilmu kepada penulis dan dengan segala rahmat yang dilimpahkan-Nya sehingga akhirnya karya tulis ilmiah yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam. Kupersembahkan karya yang sederhana ini kepada orang yang sangat aku kasihi dan aku sayangi.

Ibunda dan Ayahanda Tercinta

Sebagai tanda hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada ibuku (Yuniarti) dan Ayahku (Amiludin) yang selalu memberikan rasa kasih sayang, dukungan, ridho, serta doa untukku yang tiada mungkin dapatku balas hanya dengan selembar kertas bertuliskan kata persembahan. Aku menyadari bahwa aku belum bisa berbuat lebih. Namun semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ayah dan ibu bahagia. Semoga Allah selalu memberikan rahmat-Nya serta kasih dan sayang-Nya kepada Ibu dan Ayah. Aamiin

Dosen Pembimbing dan Penguji

Kupersembahkan juga karya ini serta ucapan terima kasih kepada bapak Yoki Rahmat, M.Si dan bapak Marido Bisra, S.Tr. Rad yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini serta kepada bapak T.M. Yoshandi, M.Sc yang telah memberikan arahan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini. Semoga Allah membalas kebaikan bapak.

Teman-teman serta adik-adik

Terima kasih untuk teman-teman dan adik-adik di STIKes Awal Bros Pekanbaru yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan doanya dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat yang dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini dengan judul “Uji Kesesuaian *Collimator Beam* Dengan Berkas Sinar-X Pada Pesawat Sinar-X Diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau”. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wasallam sebagai utusan Allah Subhanahu Wa Ta'ala untuk membawakan agama Islam yang mulia dan pembeda antara yang hak dan yang batil.

Karya tulis ilmiah ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Teknik Radiologi di STIKes Awal Bros Pekanbaru. Penulis menyadari dalam penulisan karya tulis ilmiah ini masih terdapat kekurangan baik dari segi isi maupun penyajiannya, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan sehingga lebih menyempurnakan penulisan karya tulis ilmiah ini di masa yang akan datang.

Dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan, saran, serta dorongan semangat dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada :

1. Teristimewa kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan semangat kepada penulis.
2. Ibu Dra. Wiwik Suryandartiwi A, MM selaku Ketua STIKes Awal Bros Pekanbaru.
3. Ibu Devi Purnamasari, S.Psi., MKM selaku Wakil Ketua I bidang Akademik STIKes Awal Bros Pekanbaru.
4. Bapak Agus Salim, S.Kep., M.Si selaku Wakil Ketua II bidang Non-Akademik STIKes Awal Bros Pekanbaru.

5. Ibu Shelly Angella, M. Tr. Kes selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi STIKes Awal Bros Pekanbaru.
6. Ibu Rosmaulina Siregar, AMR selaku Kepala Ruangan Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau yang telah memberikan data terkait penelitian ini.
7. Bapak Rize Dwi Putra, ST selaku Fisikawan Medis di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau yang telah memberikan ilmu dan saran kepada penulis.
8. Bapak Yoki Rahmat, Msi selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan saran dan arahan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.
9. Bapak Marido Bisra S.Tr. Rad selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan saran dan arahan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.
10. Seluruh Staf Akademik, Dosen dan Karyawan Program Studi Diploma III Teknik Radiologi STIKes Awal Bros Pekanbaru.
11. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga karya tulis ini bermanfaat bagi penulis pribadi, para pembaca, serta adik-adikku tercinta di STIKes Awal Bros Pekanbaru yang akan terjun ke masyarakat untuk mengabdikan di bidang pelayanan medis dalam rangka mengabdikan kepada sang pencipta.

Pekanbaru, 9 Oktober 2020



Yoga Saputra

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR BAGAN	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan.....	4
D. Manfaat.....	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tinjauan Teoritis	6
1. Sinar-X	6
a. Definisi.....	6
b. Proses Terjadinya Sinar-X.....	10
2. Pesawat Sinar-X	11
a. Generator Tegangan Tinggi	11
b. Kontrol Panel	12
c. Rumah Tabung (<i>Tube Housing</i>).....	12
d. Tabung Sinar-X	13
e. Perangkat Tambahan.....	20
3. <i>Quality Control</i>	26
a. Ruang Lingkup Kendali Mutu	27
b. Kegiatan Kendali Mutu.....	28

4. Uji Kesesuaian <i>Collimator Beam</i>	30
a. Nilai Standar Toleransi Kesesuaian <i>Collimator Beam</i>	30
b. Frekuensi Uji Kesesuaian <i>Collimator Beam</i>	30
c. Prosedur Uji Kesesuaian <i>Collimator Beam</i>	31
5. CR (<i>Computed Radiography</i>).....	32
a. Kaset	33
b. IP (<i>Image Plate</i>).....	34
c. Alat Pembaca CR (<i>CR Reader</i>)	35
B. Kerangka Teori.....	36
C. Penelitian Terkait.....	36
D. Hipotesis.....	39

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian	40
B. Definisi Operasional.....	41
1. Variabel Independen/Bebas.....	41
2. Variabel Dependen/Terikat	41
C. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
D. Alat Pengumpul Data	43
1. Instrumen Penelitian.....	43
2. Prosedur Penelitian.....	45
3. Diagram Alur Penelitian.....	50
4. Metode Pengumpulan Data	51
5. Pengolahan Data.....	51
6. Analisis Data	53

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	54
1. Uji Kesesuaian <i>Collimator Beam</i> dengan Berkas Sinar-X.....	54
2. Uji Kesesuaian Titik Pusat/ <i>Beam Alignment</i>	64
B. Pembahasan	69

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	72
B. Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR BAGAN

	Halaman
Bagan 2.1. Kerangka Teori	36
Bagan 3.1. Diagram Alur Penelitian	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Definisi Operasional	42
Tabel 3.2. Jadwal Penelitian	42
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Kecil.....	55
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Kecil	56
Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Kecil	57
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Kecil	57
Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Kecil	58
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Kecil.....	58
Tabel 4.7. Hasil Pengukuran Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Besar	59
Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Besar.....	60
Tabel 4.9. Hasil Pengukuran Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Besar.....	61
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Besar.....	61
Tabel 4.11. Hasil Pengukuran Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Besar.....	62
Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Besar	62
Tabel 4.13. Hasil Pengukuran dan Perhitungan	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses Terjadinya Sinar-X <i>Bremsstrahlung</i>	7
Gambar 2.2. Proses Terjadinya Sinar-X Karakteristik.....	8
Gambar 2.3. Tabung Penghasil Sinar-X	9
Gambar 2.4. Generator Tegangan Tinggi	11
Gambar 2.5. Kontrol Panel.....	12
Gambar 2.6. Rumah Tabung (<i>Tube Housing</i>).....	12
Gambar 2.7. Komponen Tabung Sinar-X	13
Gambar 2.8. Cara Kerja <i>Focusing Cup</i>	14
Gambar 2.9. Anoda Diam dan Anoda Putar	16
Gambar 2.10. Lapisan Anoda.....	17
Gambar 2.11. Anoda Diam Memiliki Area Target 4 <i>mm</i> ²	18
Gambar 2.12. <i>Inherent Filter and Additional Filter</i>	20
Gambar 2.13. <i>Aperture Diaphragm</i>	22
Gambar 2.14. <i>Cylinder And Cone</i>	23
Gambar 2.15. Dua Set <i>Shutter Collimator</i>	24
Gambar 2.16. Perangkat <i>Collimator</i>	25
Gambar 2.17. Kontrol Ukuran <i>Collimator Beam</i>	26
Gambar 2.18. Petugas Sedang Memasukkan Kaset CR.....	33
Gambar 2.19. Bentuk Fisik IP.....	34
Gambar 2.20. Struktur IP	34
Gambar 2.21. Ilustrasi Proses Kerja <i>CR Reader</i>	35
Gambar 3.1. Pesawat Sinar-X	43
Gambar 3.2. <i>Collimator Test Tool</i>	43
Gambar 3.3. <i>Beam Alignment Test Tool</i>	44
Gambar 3.4. Kaset CR	44
Gambar 3.5. Uji Kesesuaian <i>Collimator Beam</i>	45
Gambar 3.6. Faktor Eksposi untuk <i>Focal Spot</i> Kecil.....	46
Gambar 3.7. Faktor Eksposi untuk <i>Focal Spot</i> Besar	46
Gambar 3.8. Proses hasil gambaran dengan <i>computed radiography</i>	48
Gambar 3.9. Pengukuran Penyimpangan <i>Collimator Beam</i>	48
Gambar 3.10. Ilustrasi Uji Kesesuaian <i>Collimator Beam</i>	51
Gambar 3.11. Ilustrasi Pengukuran Selisih Skala Lapangan	52
Gambar 3.12. Ilustrasi Batas Penyimpangan Titik Pusat.....	53
Gambar 4.1. Hasil Radiograf Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Kecil.....	55
Gambar 4.2. Hasil Radiograf Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Kecil.....	56

Gambar 4.3. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Kecil	57
Gambar 4.4. Hasil Radiograf Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Besar.....	59
Gambar 4.5. Hasil Radiograf Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Besar	60
Gambar 4.6. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Besar	61
Gambar 4.7. Hasil Radiograf Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Kecil	64
Gambar 4.8. Hasil Radiograf Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Kecil.....	65
Gambar 4.9. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Kecil	66
Gambar 4.10. Hasil Radiograf Pengujian Pertama dari <i>Focal Spot</i> Besar.....	67
Gambar 4.11. Hasil Radiograf Pengujian Kedua dari <i>Focal Spot</i> Besar	67
Gambar 4.12. Hasil Radiograf Pengujian Ketiga dari <i>Focal Spot</i> Besar	68

DAFTAR SINGKATAN

Å	: Angstrom
ADC	: <i>Analog Digital Converter</i>
BAPETEN	: Badan Pengawas Tenaga Nuklir
C°	: Celcius
cm	: Centi Meter
CR	: <i>Computed Radiography</i>
CQI	: <i>Continuous Quality Improvement</i>
FFD	: <i>Focus Film Distane</i>
IP	: <i>Image Plate</i>
IR	: <i>Image Receptor</i>
IS	: <i>Intensifying Screen</i>
KEMENKES	: Keputusan Menteri Kesehatan
keV	: <i>Kilo Electronvolt</i>
kV	: <i>Kilovoltage</i>
kVp	: <i>Kilovoltage Peak</i>
mA	: <i>Mili Ampere</i>
mm	: Mili Meter
Mo	: <i>Molybdenum</i>
No.	: Nomor
PKL	: Praktek Kerja Lapangan
PERKA	: Peraturan Kepala
PERMENKES	: Peraturan Menteri Kesehatan
PMT	: <i>Photomultiplier Tube</i>
RI	: Republik Indonesia
rpm	: Revolusi Permenit
RSUD	: Rumah Sakit Umum Daerah
s	: <i>Second</i>
UV	: <i>Ultra Violet</i>
QA	: <i>Quality Assurance</i>
QC	: <i>Quality Control</i>
NCRP	: <i>National Council of Radiation Protection and Measurement</i>

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Surat Permohonan Izin Penelitian
- Lampiran 2. Surat Keterangan Lolos Kaji Etik
- Lampiran 3. Surat Izin Pengambilan Data
- Lampiran 4. Surat Izin Penelitian
- Lampiran 5. Surat Selesai Penelitian
- Lampiran 6. Instrumen Penelitian
- Lampiran 7. Hasil Gambaran
- Lampiran 8. Pengolahan Data
- Lampiran 9. Lembar Konsul Pembimbing I
- Lampiran 10. Lembar Konsul Pembimbing II

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat (PERMENKES RI No. 4 Tahun 2018). Rumah sakit merupakan sebuah instansi yang bergerak di bidang kesehatan dan berada di bawah naungan lembaga pemerintah dalam lingkup Departemen Kesehatan Indonesia. Tugas dari rumah sakit di antaranya menyelenggarakan pelayanan kesehatan dengan upaya penyembuhan, pemulihan, peningkatan, pencegahan, pelayanan rujukan dan penyelenggaraan pendidikan dan pelatihan, penelitian dan pengembangan serta pengabdian masyarakat (Sari & Hartina, 2017).

Upaya meningkatkan pelayanan mutu kesehatan merupakan prioritas utama, karena dengan dilakukannya peningkatan mutu pelayanan kesehatan yang berkesinambungan akan meningkatkan efisiensi pelayanan kesehatan, yang pada akhirnya akan berdampak pada peningkatan kualitas hidup individu dan derajat kesehatan masyarakat. Untuk menjamin mutu pelayanan kesehatan maka berbagai komponen *input*, *process*, dan *output* harus ditetapkan secara jelas dan rinci mencakup aspek manajemen dan teknis dengan berpedoman pada pencapaian visi dan perwujudan misi yang telah ditetapkan bersama. Salah satu kegiatan jaminan mutu adalah kegiatan kendali mutu/*quality control* (KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009).

Radiologi adalah cabang ilmu kedokteran yang berhubungan dengan penggunaan semua modalitas yang menggunakan radiasi untuk diagnosis dan prosedur terapi dengan menggunakan panduan radiologi, termasuk teknik pencitraan dan penggunaan radiasi dengan sinar-X dan zat radioaktif (PERKA BAPETEN Nomor 8 Tahun 2011).

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen, panjang gelombangnya bervariasi dan tidak terlihat. Karena gelombang cahaya pendek itu, maka sinar-X dapat menembus benda-benda (Rasad, 2016).

Pesawat sinar-X adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-X. Pesawat sinar-X terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain tabung sinar-X, *collimator*, dan panel kontrol (Souisa, et al 2014). *Collimator* adalah bagian dari pesawat sinar-X yang berfungsi untuk pengaturan luas lapangan radiasi (PERKA BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014).

Pada pemeriksaan pasien agar tidak terjadinya penyimpangan foto maka perlu dilakukan uji kesesuaian pesawat. Uji kesesuaian adalah uji untuk memastikan bahwa pesawat sinar-X memenuhi persyaratan keselamatan radiasi dan memberikan informasi diagnosis 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 *collimator beam* (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 manusia. Dengan demikian tujuan dari jaminan mutu adalah mengurangi paparan radiasi, peningkatan citra diagnostik dan penekanan biaya (Sari & Hartina, 2017).

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (*quality control*) peralatan radiodiagnostik, uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik dilakukan dengan frekuensi satu bulan sekali atau setelah perbaikan, perawatan rumah tabung dan kolimasi. Berdasarkan peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2018 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional, uji kesesuaian dilakukan secara berkala paling lama empat tahun sekali untuk pesawat sinar-X diagnostik.

Peneliti telah melaksanakan PKL (Praktek Kerja Lapangan) di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, dan peneliti telah melakukan observasi terhadap pesawat sinar-X diagnostik di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, uji kesesuaian dilakukan dengan frekuensi satu tahun sekali dan uji kesesuaian *collimator beam* terakhir dilakukan pada tanggal 11 Desember 2019. Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah penyimpangan masih dalam batas toleransi setelah enam bulan pengujian dengan mengangkat judul “Uji Kesesuaian *Collimator Beam*

dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Sinar-X Diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau”.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat *collimator test tool* dan *beam alignment test tool*. Dalam percobaan penelitian ini peneliti menggunakan ukuran *focal spot* kecil dan *focal spot* besar, dengan harapan tidak ada penyimpangan *collimator beam* baik menggunakan ukuran *focal spot* kecil maupun *focal spot* besar.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau?
2. Bagaimana kelayakan *collimator* pada pesawat sinar-X diagnostik dari hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau?

C. Tujuan

1. Untuk mengetahui hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.
2. Untuk mengetahui kelayakan *collimator* pada pesawat sinar-X diagnostik dari hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.

D. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Bagi Responden

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi serta masukan bagi pengembangan kajian ilmu pengetahuan radiologi khususnya dalam uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik.

2. Bagi Peneliti

Untuk menambah wawasan dan memperdalam pengetahuan peneliti mengenai jaminan mutu dan kendali mutu radiologi, khususnya pada uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik.

3. Bagi Tempat Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi rumah sakit sebagai masukan dan pertimbangan dalam melakukan kendali mutu dan jaminan mutu radiologi.

4. Bagi Institusi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pembelajaran dan referensi bagi institusi pendidikan dan calon radiografer dalam menambah ilmu pengetahuan mengenai uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

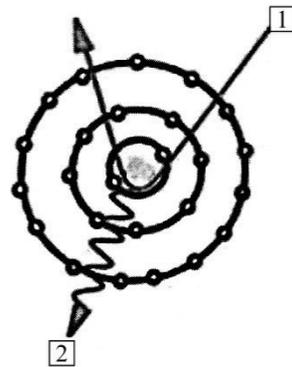
A. Tinjauan Teoritis

1. Sinar-X

a. Definisi

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya, dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen, panjang gelombangnya sangat bervariasi dan tidak terlihat. Perbedaan antara sinar-X dengan sinar elektromagnetik lainnya juga terletak pada panjang gelombang, di mana panjang gelombang sinar-X sangat pendek yaitu hanya 1/10.000 panjang gelombang cahaya yang kelihatan. Karena panjang gelombang yang sangat pendek itu, maka sinar-X dapat menembus benda-benda. Panjang gelombang sinar elektromagnetik dinyatakan dalam satuan Angstrom. $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ (1/100.000.000 cm) (Rasad, 2016). Sinar-X merupakan sarana utama pembuatan gambar radiograf yang dibangkitkan dengan suatu sumber daya listrik yang tinggi, sehingga sinar-X merupakan radiasi buatan (Indrati, et al 2017).

Sinar-X dibedakan menjadi dua macam, yaitu sinar-X *bremstrahlung* dan sinar-X karakteristik (Lestari, 2019).

1) Sinar-X *Bremsstrahlung*

Keterangan gambar :

1. Elektron proyektil dari katoda
2. Sinar-X *bremsstrahlung*

Gambar 2.1. Proses terjadinya sinar-x *bremsstrahlung* (lestari, 2019).

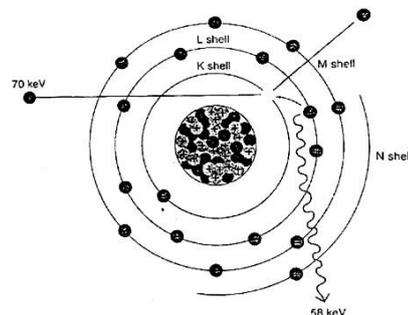
Bremsstrahlung dalam bahasa Jerman berarti pengereman. *Bremsstrahlung* juga disebut sebagai *brems* yaitu radiasi yang dihasilkan ketika proyektil elektron melambat di anoda. Interaksi *bremsstrahlung* hanya dapat terjadi ketika elektron yang datang berinteraksi dengan medan gaya inti. Elektron yang datang dengan muatan negatif tertarik ke inti yang bermuatan positif. Ketika elektron datang mendekati inti, medan gaya nuklir terlalu besar untuk ditembus oleh elektron, maka medan gaya membuat elektron melambat dan berubah arah (Fosbinder & Orth, 2012).

Berkas elektron yang diperlambat akan kehilangan energi kinetis. Energi kinetis yang hilang tersebut dikonversi menjadi sinar-X yang disebut sebagai sinar-X *bremsstrahlung*. Energi sinar-X *bremsstrahlung* memiliki spektrum energi kontinu. Energi yang dihasilkan berbeda-beda, tergantung pada seberapa dekat berkas tersebut terhadap inti atom anoda. Berkas elektron yang lewat sangat

dekat dengan inti atom anoda akan menghasilkan sinar-X dengan energi yang lebih tinggi dari pada sinar-X yang dihasilkan oleh berkas elektron yang melintas jauh dari inti (Lestari, 2019).

2) Sinar-X Karakteristik

Sinar-X karakteristik memiliki spektrum energi yang diskrit. Proses tumbukan antara elektron proyektil dengan elektron orbital anoda mengakibatkan elektron orbital pada atom anoda terpelantak keluar dari orbitnya. Hal ini mengakibatkan adanya kekosongan pada kulit orbital yang ditinggalkan oleh elektron tersebut. Suatu elektron akan cenderung untuk berada pada aras (tingkat) tenaga yang stabil. Semakin keluar, kulit orbital memiliki aras tenaga yang semakin tidak stabil. Oleh karena itu, kekosongan kulit orbital tadi akan diisi oleh elektron dari kulit orbital di sebelah luarnya. Transisi elektron menuju kulit yang lebih dalam akan disertai dengan pelepasan energi. Energi yang dipancarkan tersebut adalah sinar-X karakteristik (Lestari, 2019).

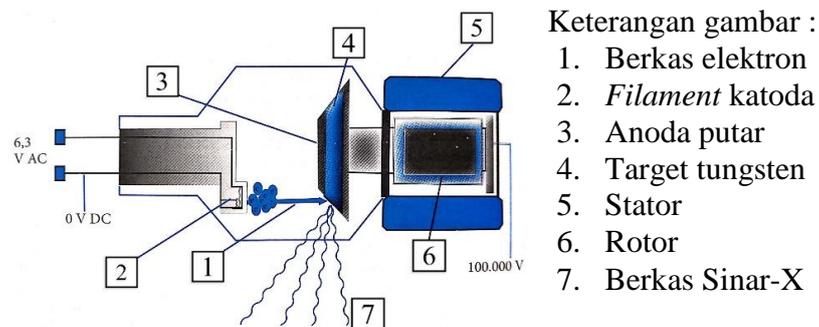


Gambar 2.2. Proses terjadinya sinar-X karakteristik (Lestari, 2019).

Pada tabung sinar-X untuk diagnostik yang menggunakan anoda tungsten, transisi elektron umumnya berasal dari kulit L ke kulit K yang kosong. Untuk keperluan diagnostik, energi sinar-X yang cukup hanya akan diperoleh dari kekosongan kulit K dari atom dengan nomor atom yang tinggi. Sinar-X karakteristik K menghasilkan spektrum diskrit yang berarti bahwa hanya sinar-X dengan energi karakteristik yang ada (Lestari, 2019).

Untuk menghasilkan sinar-X karakteristik, elektron orbital pada kulit K harus dipindahkan. Energi ikat elektron untuk kulit K pada tungsten adalah 69,53 keV. Berkas elektron harus memiliki energi paling tidak 69,53 keV untuk memindahkan elektron pada kulit K dari atom tungsten dan menghasilkan radiasi karakteristik. Sinar-X karakteristik K dihasilkan hanya pada 70 keV atau lebih, dengan sinar-X diagnostik berada pada *range* 110-120 kVp, hanya sekitar 15% dari berkas sinar-X yang terdiri dari sinar-X karakteristik. Energi sinar-X karakteristik tidak bervariasi seperti sinar-X *bremsstrahlung* (Fosbinder & Orth, 2012).

b. Proses Terjadinya Sinar-X



Gambar 2.3. Tabung penghasil sinar-X. (Indrati, et al 2017).

Sinar-X merupakan sarana utama pembuatan gambar radiograf yang dibangkitkan dengan suatu sumber daya listrik yang tinggi. Sehingga sinar-X merupakan radiasi buatan. Proses terjadinya sinar-X adalah sebagai berikut :

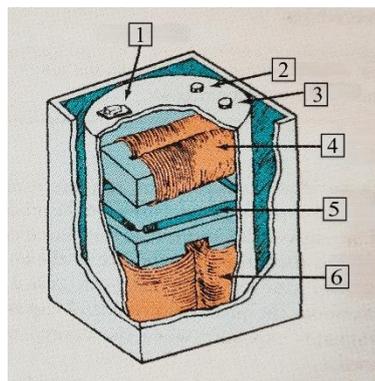
- 1) Kutub negatif (katoda) merupakan *filament* yang akan mengalami panas jika ada arus listrik yang mengalirinya. Panasnya *filament* akan menyebabkan emisi (keluarnya elektron) pada *filament*. Peristiwa emisi karena proses pemanasan disebut dengan termionik.
- 2) Kutub positif (anoda) merupakan target, di mana elektron akan menumbuknya dengan cepat, target terbuat dari tungsten maupun *molybdenum*. Anoda yang terbuat dari bahan *molybdenum* dipergunakan untuk pesawat mamografi.
- 3) Apabila terjadi beda tegangan yang tinggi antara kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda) maka elektron pada katoda akan menuju ke anoda dengan sangat cepat dan terjadilah tumbukan.
- 4) Akibat tumbukan yang sangat kuat dari elektron katoda maka elektron orbit yang ada pada atom target (anoda) terpental keluar.
- 5) Terjadi kekosongan elektron pada orbital atom target yang terpental tersebut, maka elektron orbit yang lebih tinggi berpindah ke elektron yang kosong tersebut. hal ini terjadi karena elektron selalu saling mengisi tempat yang kosong jika ada elektron lain yang keluar untuk menjaga kestabilan atom.

- 6) Perpindahan elektron dari orbit yang lebih luar (memiliki energi lebih besar) ke orbit yang lebih dalam (memiliki energi lebih rendah) mengakibatkan adanya sisa energi.
- 7) Sisa energi tersebut akan dikeluarkan dalam pancaran foton dalam bentuk sinar-X karakteristik.
- 8) Jika elektron yang bergerak mendekati inti atom (nukleus) terjadi pembelokkan atau terjadi pengereman, maka akan menghasilkan sinar-X *bremsstrahlung* (Indrati, et al 2017).

2. Pesawat Sinar-X

Pesawat sinar-X atau pesawat *rontgen* merupakan salah satu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis yang memanfaatkan sinar-X. Sinar-X yang dipancarkan dari tabung diarahkan pada bagian tubuh yang akan didiagnosa (Suyatno, et al 2011). Beberapa komponen pesawat sinar-X sebagai berikut.

a. Generator Tegangan Tinggi



Keterangan gambar :

1. *Cap for oil fill*
2. Katoda
3. Anoda
4. *Filament transformer*
5. *Diode rectifier*
6. *High-voltage transformer*

Gambar 2.4. Generator tegangan tinggi (Bushong, 2013).

Generator tegangan tinggi dari sistem pencitraan sinar-X berfungsi untuk meningkatkan tegangan *output* dari *autotransformer* ke kVp yang diperlukan untuk produksi sinar-X (Bushong, 2013).

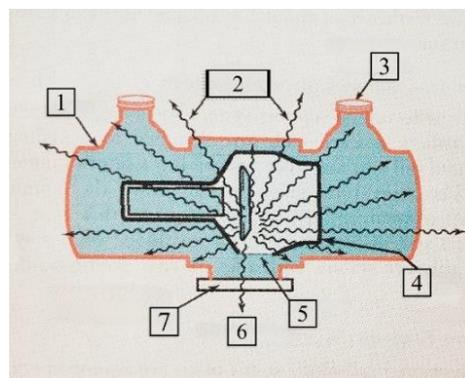
b. Kontrol Panel



Gambar 2.5. Kontrol panel (Bushong, 2013).

Bagian dari sistem pencitraan sinar-X yang paling akrab bagi radiografer adalah kontrol panel. Kontrol panel memungkinkan radiografer untuk mengontrol arus dan tegangan tabung sinar-X sehingga sinar-X yang berguna memiliki kuantitas dan kualitas yang tepat (Bushong, 2013).

c. Rumah Tabung (*Tube Housing*)



Keterangan gambar :

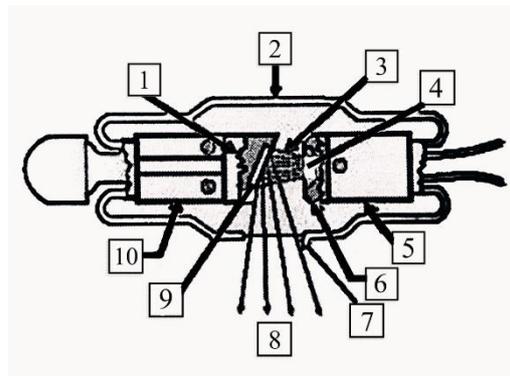
1. *Lead*
2. *Leakage radiation*
3. *High-voltage connector*
4. *Selubung kaca (glass or metal enclosure)*
5. *Window*
6. *Useful beam*
7. *Fitting for filter, collimator*

Gambar 2.6. Rumah tabung (*tube housing*) (Bushong, 2013).

Tube housing dilengkapi wadah tegangan tinggi yang dirancang khusus untuk melindungi dari sengatan listrik yang tidak disengaja. Kematian karena tersengat listrik adalah bahaya yang sangat nyata bagi teknologi radiologi pemula. *Tube housing* juga menyediakan dukungan mekanis untuk tabung sinar-X dan melindungi tabung dari kerusakan yang disebabkan oleh penanganan yang kasar (Bushong, 2013).

Saat sinar-X diproduksi, sinar-sinar itu dipancarkan secara isotropis, yaitu dengan intensitas ke segala arah. Kita hanya menggunakan sinar-X yang dipancarkan melalui bagian khusus tabung sinar-X yang disebut jendela (*window*) (Bushong, 2013).

d. Tabung Sinar-X



Keterangan gambar :

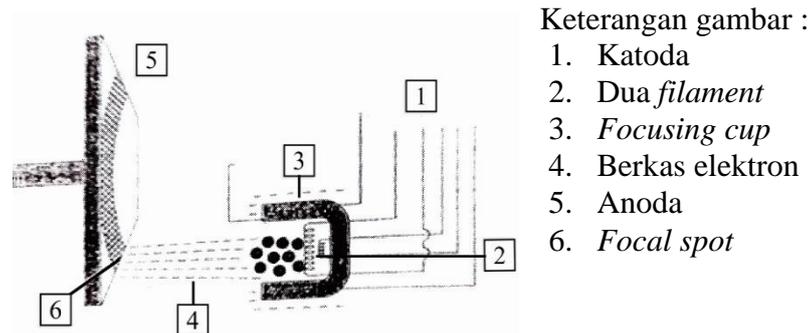
1. Batang tembaga
2. Selubung kaca (*Glass or metal enclosure*)
3. Berkas elektron
4. *Filament*
5. Katoda
6. *Focusing cup*
7. *Window*
8. Sinar-X yang digunakan
9. Target tungsten
10. Anoda

Gambar 2.7. Komponen tabung sinar-X (Lestari, 2019).

Tabung sinar-X adalah komponen dari sistem pencitraan sinar-X yang jarang terlihat oleh para ahli radiologi. Tabung sinar-X terkandung di dalam *tube housing*, oleh karena itu tidak bisa diakses (Bushong, 2013). di dalam tabung sinar-X terdapat bagian anoda dan katoda. di dalam katoda terdapat *filament*. Dari sinilah asal elektron yang nantinya akan menghasilkan sinar-X (Lestari, 2019).

Menurut Bushong (2013) tabung sinar-X memiliki dua bagian utama yaitu katoda dan anoda.

1) Katoda



Gambar 2.8. Cara kerja *focusing cup* (Lestari, 2019).

Katoda adalah elektroda negatif dari tabung sinar-X. Katoda terdiri dari *filament* dan *focusing cup* (Lestari, 2019).

a) *Filament*

Filament adalah gulungan kawat berdiameter sekitar 2 mm dan panjang 1 atau 2 cm. *Filament* memancarkan elektron ketika dipanaskan (Bushong, 2013). Tujuan digunakan *filament* adalah untuk menyediakan berkas elektron yang akan menuju ke anoda.

Filament berupa koil kawat campuran tungsten, dipanaskan untuk melepaskan elektron dari atom katoda. Emisi elektron dengan memanaskan *filament* disebut sebagai emisi termionik. Perubahan pada arus *filament* akan mengakibatkan perubahan pada temperatur *filament*. Kenaikan atau penurunan banyaknya elektron yang menumbuk *focal spot* akan mengakibatkan perubahan banyaknya sinar-X yang dihasilkan (Lestari, 2019). Sebagian besar tabung sinar-X anoda yang berputar memiliki dua *filament* yang dipasang di katoda merakit berdampingan, menciptakan ukuran *focal spot* besar dan kecil (Bushong, 2013).

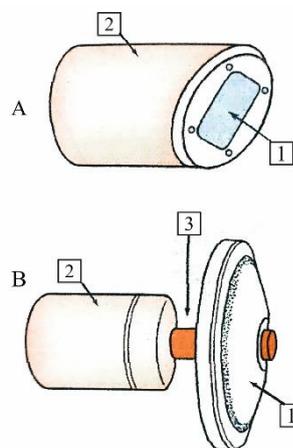
b) *Focusing cup*

Filament terdapat di dalam *focusing cup*. Muatan negatif pada permukaan *focusing cup* memaksa berkas elektron untuk fokus menuju anoda (Lestari, 2019). Keefektifan *focusing cup* ditentukan oleh ukuran dan bentuknya, muatannya, ukuran dan bentuk *filament*, dan posisi *filament* dalam *focusing cup* (Bushong, 2013). Area pada anoda di mana berkas elektron menumbuknya disebut sebagai *focal spot* (Lestari, 2019).

Ukuran *focal spot* sedikit bervariasi dengan arus tabung (mA) dan *kilovoltage* tabung (kV) karena aksi pemfokusan tidak dapat dengan mudah disesuaikan untuk mengkompensasi variasi dalam tolakan elektrostatik antara elektron ketika kepadatan atau perubahan energinya (Dendy & Heaton, 2012).

Arus tabung (mA) merupakan faktor yang menentukan jumlah atau kuantitas sinar-X yang dipancarkan oleh tabung sinar-X. Pemilihan arus berhubungan dengan pemilihan ukuran *focal spot*, semakin besar arus maka *focal spot* yang dipilih semakin besar, begitu sebaliknya (Savitri, et al 2014).

2) Anoda



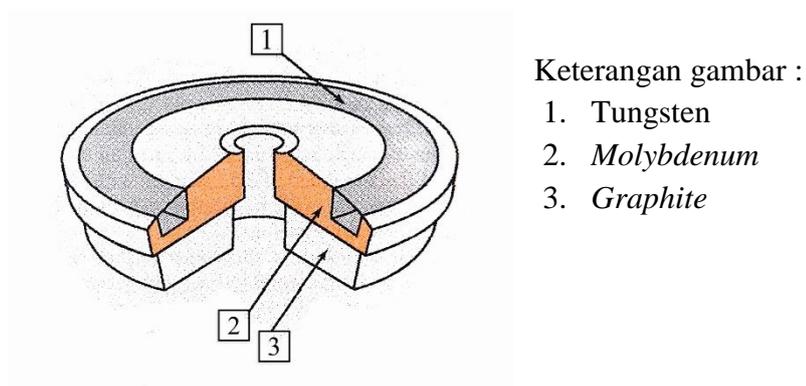
Keterangan gambar :

1. Tungsten
2. *Copper*
3. *Molybdenum*

Gambar 2.9. A. Anoda diam. B. Anoda putar (Bushong, 2013).

Anoda merupakan kutub positif pada tabung sinar-X yang memiliki area di mana terjadinya tumbukan berkas elektron. Lebih dari 99% energi elektron disimpan di anoda sebagai energi panas, hanya sekitar 1% dari energi berkas elektron yang diubah menjadi sinar-X. Ada dua jenis anoda yaitu anoda diam (*stationary anode*) dan anoda putar (*rotating anode*). Tabung sinar-X anoda diam digunakan dalam sistem pencitraan gigi, beberapa sistem pencitraan portabel, dan unit tujuan khusus lainnya dimana arus dan daya tabung tinggi tidak diperlukan. Sedangkan tabung sinar-X serba

guna, jenis anoda yang digunakan adalah anoda putar karena mereka harus mampu menghasilkan sinar-X intensitas tinggi dalam waktu singkat (Bushong, 2013 dan Lestari, 2019).



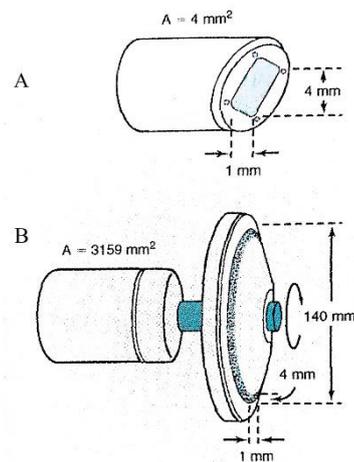
Keterangan gambar :

1. Tungsten
2. *Molybdenum*
3. *Graphite*

Gambar 2.10. Lapisan anoda (Bushong, 2013).

Pada anoda diam, target terdiri dari paduan tungsten yang tertanam dalam anoda tembaga. Tabung anoda putar memiliki lapisan *molybdenum* atau *graphite* di bawah target tungsten. *Molybdenum* dan *graphite* memiliki densitas massa yang lebih rendah dari pada tungsten, ini menjadikan anoda lebih ringan dan lebih mudah diputar. Tungsten adalah bahan target pilihan untuk radiografi umum karena tiga alasan utama yaitu, nomor atom tungsten yang tinggi yaitu 74, menghasilkan produksi sinar-X efisiensi tinggi, dan konduktivitas termal tungsten memiliki konduktivitas yang sama dengan tembaga. Oleh karena itu, merupakan logam efisien untuk menghilangkan panas yang dihasilkan dan memiliki titik leleh yang tinggi. Bahan apapun jika dipanaskan secukupnya akan meleleh dan menjadi cair. Tungsten

memiliki titik leleh tinggi (3400 °C dibandingkan dengan 1100 °C untuk tembaga) dan karena itu dapat berdiri di bawah arus tabung tinggi tanpa *pitting* atau menggelegak (Bushong, 2013).



Gambar 2.11. A. Anoda diam memiliki area target 4 mm^2 . B. Anoda putar memiliki area target sekitar 1800 mm^2 (Bushong, 2013).

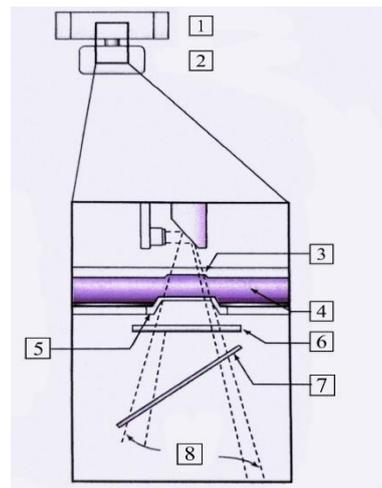
Gambar 2.11 membandingkan area target anoda diam yaitu 4 mm^2 dan area target anoda putar 1800 mm^2 dengan tabung sinar-X yang memiliki *focal spot* 1 mm. dengan demikian tabung anoda putar menyediakan area hampir 500 kali lebih banyak untuk berinteraksi dengan berkas elektron dari pada tabung anoda diam. Jika elektron dari proyektil semuanya menumbuk satu titik pada anoda, maka akan menyebabkan anoda panas dan cepat rusak. Anoda putar memungkinkan elektron dari proyektil menumbuk anoda dengan jejak berupa lingkaran atau tidak pada satu titik saja, oleh karena itu, pemakaian anoda putar akan memperpanjang umur tabung sinar-X (Bushong, 2013 dan Lestari, 2019).

Arus tabung yang lebih tinggi dan waktu pemaparan yang lebih pendek dimungkinkan dengan menggunakan anoda putar. Anoda putar akan menyebarkan panas dari elektron. Kebanyakan anoda berputar pada 3400 rpm (putaran permenit). Namun anoda pada tabung sinar-X yang berkapasitas tinggi dapat berputar pada 10.000 rpm. Anoda putar terdiri dari target, batang, dan rotor yang ditempatkan pada sebuah tabung kosong. Elektromagnet yang disebut stator ditempatkan tetap di luar selubung kaca dan diaktifkan oleh arus listrik dalam pengaturan yang tersinkronisasi. Perubahan magnet eksternal pada stator inilah yang akan merotasikan anoda. Batang menghubungkan *rotating* anoda dengan rotor. Batang ini dari bahan *molybdenum* (Mo). Mo adalah logam yang kuat dengan konduktivitas panas yang rendah. Hal ini untuk mencegah panas anoda tidak mencapai dan merusak rotor pendukung (*bearing*). Kerusakan *bearing* adalah faktor utama yang menyebabkan kegagalan pada tabung (Bushong, 2013 dan Lestari, 2019).

e. Perangkat Tambahan

Beberapa perangkat tambahan pesawat sinar-X antara lain :

1) *Filter*



Keterangan gambar :

1. Tabung sinar-X
2. *Collimator*
3. Dinding tabung sinar-X (*inherent filter*)
4. *Oil (inherent filter)*
5. *Exit port*
6. Aluminium (*additional filter*)
7. Cermin *collimator (additional filter)*
8. Berkas sinar-X

Gambar. 2.12. *Inherent filter and additional filter* (Fauber, 2013).

Sinar-X yang diproduksi di anoda keluar dari rumah tabung untuk menjadi sinar utama. Ini adalah sinar-X yang akhirnya merekam bagian tubuh ke reseptor gambar. Sinar-X yang keluar dari tabung bersifat polienergi. Mereka terdiri dari foton berenergi rendah, berenergi sedang, dan berenergi tinggi. Foton berenergi rendah tidak akan dapat menembus bagian anatomi dan tidak berkontribusi pada pembentukan gambar. Mereka berkontribusi hanya pada dosis pasien. Pengurangan foton berenergi rendah mengharuskan *filter* ditambahkan ke sinar-X untuk melemahkan atau menyerap foton-foton ini (Fauber, 2013). *Filter* pada pesawat sinar-X ada dua jenis, yaitu:

a) *Filter Bawaan (Inherent filtration)*

Menurut Fauber (2013) *filter* bawaan mengacu pada *filter* yang ada secara permanen di jalur sinar-X. Ada tiga komponen yang berkontribusi pada *filter* bawaan yaitu:

- (1) Tabung sinar-X.
- (2) Minyak yang mengelilingi tabung (*oil*).
- (3) Jendela rumah tabung.

b) *Filter Tambahan (Additional filter)*

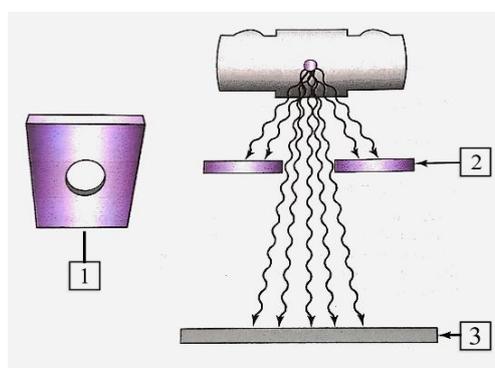
Filter tambahan menggambarkan *filter* yang ditambahkan ke tabung sinar-X. Alumunium adalah bahan yang terutama digunakan untuk tujuan ini, karena menyerap lebih banyak foton berenergi rendah sementara foton berenergi tinggi yang berguna dapat keluar. Cermin di dalam *collimator* (pembatas sinar-X yang terletak tepat di bawah tabung sinar-X) menambah *filter* tambahan (Fauber 2013).

Total filtrasi dalam sinar-X adalah jumlah dari *filter* bawaan dan *filter* tambahan. Pemerintah Amerika Serikat menetapkan standar total filtrasi untuk memastikan bahwa pasien menerima radiasi minimum. Pedoman saat ini menyatakan bahwa tabung sinar-X yang beroperasi lebih dari 70 kVp harus memiliki total filtrasi minimum 2,5 mm alumunium atau yang setara (Fauber, 2013).

2) Pembatas Berkas

Beberapa jenis pembatas berkas yang berbeda dalam hal kecanggihan dan kegunaan telah tersedia. Semua perangkat pembatas berkas terbuat dari logam atau kombinasi logam yang siap menyerap sinar-X (Fauber, 2013). Beberapa pembatas berkas pada pesawat sinar-X antara lain:

a) *Aperture Diaphragm*



Keterangan gambar :

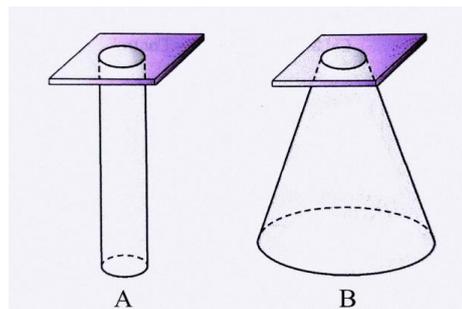
1. *Aperture diaphragm*
2. *Aperture*
3. *Image receptor*

Gambar 2.13. *Aperture diaphragm* (Fauber, 2013).

Aperture diaphragm adalah jenis pembatas berkas yang paling sederhana. *Aperture diaphragm* adalah potongan timah datar (diafragma) yang memiliki lubang (*aperture*) di dalamnya. *Aperture diaphragm* tersedia baik secara komersial maupun rumah sakit membuat sendiri untuk tujuan khusus unit radiografi. *Aperture diaphragm* mudah digunakan dan ditempatkan langsung di bawah jendela tabung sinar-X. *Aperture diaphragm* dapat dibuat dengan memotong timah ke dalam ukuran yang dibutuhkan untuk membuat *diaphragm* dan memotong bagian tengah untuk

membuat bentuk dan ukuran *aperture* sinar-X. meskipun ukuran dan bentuk *aperture* dapat diubah, ukuran bidang yang diproyeksikan tidak dapat diubah. Selain itu, karena kedekatan *aperture* dengan sumber radiasi, area *unsharpness* (ketidaktajaman) mengelilingi gambar radiografi. Meskipun *aperture diaphragm* masih digunakan dalam beberapa aplikasi, namun penggunaannya tidak seluas seperti pembatas berkas lainnya (Fauber, 2013).

b) *Cones* dan *Cylinders*



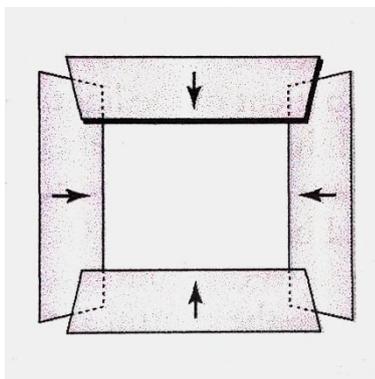
Gambar 2.14. A. Cylinder. B. Cone (Fauber, 2013).

Cones and *cylinders* memiliki bentuk yang berbeda tetapi memiliki banyak atribut yang sama. *Cones* and *cylinders* pada dasarnya adalah *aperture diaphragm* yang memiliki flensa panjang yang melekat padanya. Panjang flensa bervariasi dan dapat berbentuk kerucut (*cones*) dan silinder (*cylinders*). *Cones* and *cylinders* terhubung langsung dari tabung sampai ke bawah jendela dengan kelebihan yaitu membatasi *unsharpness* (ketidaktajaman) yang mengelilingi gambar radiografi lebih dari

aperture diaphragm, dengan *cylinders* sedikit lebih baik dari pada *cones* dalam hal ini. Namun *cones* dan *cylinders* memiliki keterbatasan dalam hal ukuran yang tersedia dan tidak dapat dipertukarkan antara rumah tabung. *Cones* dan *cylinders* hampir selalu dibuat untuk menghasilkan bidang yang diproyeksikan melingkar dan dapat digunakan untuk keuntungan prosedur radiografi tertentu (Fauber, 2013).

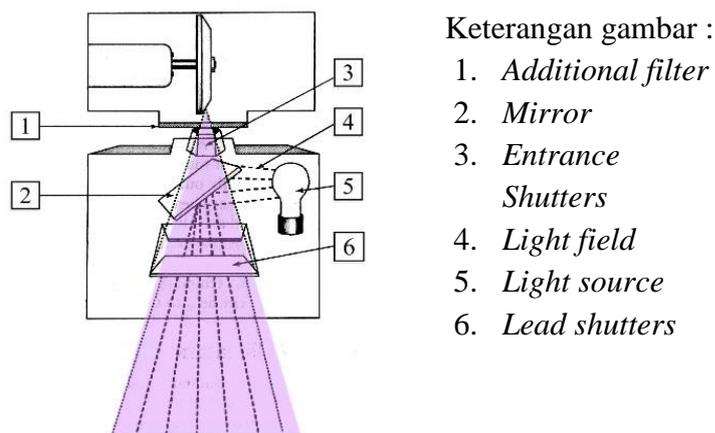
c) Kolimator (*Collimator*)

Kolimator dianggap sebagai jenis perangkat pembatas sinar terbaik yang tersedia untuk radiografi. Pembatasan sinar yang dilakukan dengan menggunakan kolimator disebut kolimasi. Istilah kolimasi dan pembatasan sinar digunakan secara bergantian (Fauber, 2013). *Collimator* bertujuan untuk menentukan ukuran dan bentuk sinar-X *primer* yang mengenai pasien dengan menggunakan cahaya tampak yang menggambarkan ukuran sinar-X (Fosbinder & Orth, 2012).



Gambar 2.15. Dua set *shutter collimator* (Fauber, 2013).

Sebuah kolimator memiliki dua atau tiga set *shutter*. terletak tepat di bawah jendela tabung, *shutter* membatasi sinar-X seperti *aperture diaphragm*. Satu atau lebih set *shutter* terletak 3 sampai 7 inci (8 hingga 18 cm) di bawah tabung. *Shutter* ini terdiri dari *shutter longitudinal* dan *shutter lateral*, masing-masing dengan kontrolnya sendiri. Desain ini membuat kolimator dapat memproyeksikan bidang dengan berbagai ukuran. Bentuk bidang yang dihasilkan oleh kolimator selalu persegi panjang atau persegi (Fauber, 2013).

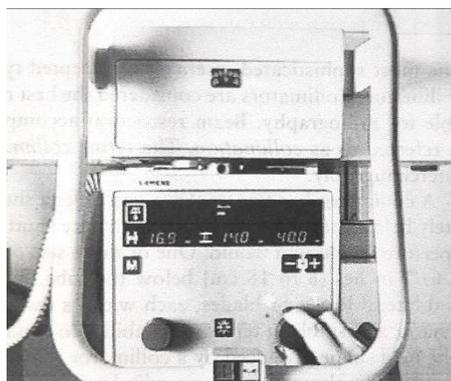


Keterangan gambar :

1. *Additional filter*
2. *Mirror*
3. *Entrance Shutters*
4. *Light field*
5. *Light source*
6. *Lead shutters*

Gambar 2.16. Perangkat *Collimator* (Fauber, 2013).

Kolimator dilengkapi dengan sumber cahaya putih dan cermin untuk memproyeksikan medan cahaya ke pasien. Lampu ini dimaksudkan untuk menunjukkan secara akurat di mana sinar-X *primer* akan diproyeksikan selama paparan. Kontrol ukuran sinar-X ada di bagian depan kolimator (Fauber, 2013).



Gambar 2.17. Kontrol ukuran *collimator beam* (Fauber, 2013).

Kontrol ini menunjukkan ukuran bidang yang diproyeksikan sehingga dapat membantu memastikan bahwa bidang yang diproyeksikan tidak lebih besar dari IR (*Image Receptor*). Masalah lain yang mungkin terjadi adalah kurangnya keakuratan medan cahaya. Cermin yang memantulkan cahaya ke arah pasien atau bola lampu itu sendiri dapat sedikit keluar dari posisinya, sehingga bidang cahaya yang menunjukkan di mana sinar-X *primer* akan diproyeksikan tidak akurat (Fauber, 2013).

3. *Quality Control* (QC)

Quality control disisi lain adalah komponen *quality assurance* (QA) dan merujuk secara khusus pada pemantauan variabel penting yang mempengaruhi kualitas gambar dan dosis radiasi. *Quality control* berkaitan dengan aspek teknis kinerja peralatan, bukan aspek administratif. Tujuan dari prosedur dan teknik *continuous quality improvement* (CQI), *quality assurance* (QA), dan *quality control* (QC) ada tiga yaitu, untuk memastikan kualitas gambar yang optimal untuk tujuan meningkatkan

diagnosa, untuk mengurangi dosis radiasi pada pasien dan personel, dan untuk mengurangi biaya pada institusi. (Seeram, 2019).

Quality control melibatkan sejumlah kegiatan yang penting. Aktivitas tersebut berkisar dari pengujian penerimaan, kinerja rutin, dan koreksi kesalahan. Pengujian penerimaan adalah langkah utama pertama dalam program QC dan memastikan bahwa peralatan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh produsen. Kinerja rutin melibatkan melakukan tes QC yang sebenarnya pada peralatan dengan berbagai tingkat frekuensi (setiap tahun, setiap setengah tahun, setiap bulan, setiap minggu, atau setiap hari). Akhirnya koreksi kesalahan memastikan bahwa peralatan yang tidak memenuhi kriteria kinerja atau batas toleransi yang ditetapkan untuk pengujian QC spesifik harus diganti atau diperbaiki untuk memenuhi batas toleransi (Seeram, 2019).

a. Ruang Lingkup Kendali Mutu

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 fluoroskopi. Sedangkan sarana pendukung tersebut adalah kamar gelap, prosesing film, peralatan proteksi radiasi, kaset, tabir penguat, film radiografi, dan kotak pengamatan (*viewing box*) (KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009).

b. Kegiatan Kendali Mutu (*Quality Control*)

Menurut KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (*quality control*) peralatan radiodiagnostik, kegiatan kendali mutu dibagi dalam tiga kegiatan besar, yaitu:

1) Kegiatan kendali mutu untuk pesawat sinar-X yang terdiri dari:

a) Pengujian terhadap tabung kolimasi

Pengujian terhadap tabung kolimasi 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 dan 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, penjejakan ketebalan pasien dan *kilovoltage*, serta waktu tanggap minimum.

- 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*.
- 3) Kendali mutu 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 *safe light*.
 - 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 serta verifikasi penerimaan resolusi *spatial* dan tingkat artefak.

4. Uji Kesesuaian *Collimator Beam*

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 perundang-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).

a. Nilai Standar Toleransi Kesesuaian *Collimator Beam*

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 NCRP (*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 NCRP (*National Council of Radiation Protection and Measurement*) yaitu $\leq 3^\circ$.

b. Frekuensi Uji Kesesuaian *Collimator Beam*

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (*quality control*) peralatan radiodiagnostik, uji kesesuaian *collimator beam*

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

c. Prosedur Uji Kesesuaian *Collimator Beam*

Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 cara pengujian berkas cahaya kolimator sebagai berikut :

- 1) Letakkan kaset 24x30 pada permukaan yang datar.
- 2) Yakinkan bahwa anoda dan katoda adalah paralel ke kaset.
- 3) Sentrasi tabung sinar-X dipusatkan di tengah kaset dan atur jarak antara *focus* dengan film (FFD) setinggi 100 cm.
- 4) Letakkan *collimator test tool* pada pertengahan kaset.
- 5) Cahaya kolimator diatur tepat dalam area persegi panjang plat *test tool*.
- 6) Tempatkan *beam alignment test tool* pada pusat area pencahayaan.
- 7) Hidupkan lampu kolimator, atur luas lapangan cahaya sesuai dengan garis persegi panjang yang ada di permukaan plat *test tool*.
- 8) Lakukan eksposi radiografi agar diperoleh densitas optis pada film yang dapat diobservasi oleh *evaluator*.
- 9) Proses film di kamar gelap dan cek kesesuaian berkas cahaya/berkas sinar-X dan *beam alignment* sinar-X.
- 10) Ulangi untuk ukuran *focal spot* yang lain.

- 11) Pada pengukuran *collimator beam*, catat perubahan skala lapangan radiasi X2 dan Y2 dan skala lapangan *collimator beam* X1 dan Y1 dalam lembar kerja (*worksheet*).
- 12) Bandingkan hasil pengukuran dengan standar NCRP ($\leq 2\%$ of FFD) Dengan rumus :

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

- 13) Pada pengukuran *beam alignment* perhatikan pergeseran gambar kedua bola baja dalam film, dan bandingkan dengan standar NCRP ($\leq 3^\circ$).
- 14) Berikan catatan atau komentar *true/false*, dan rekomendasi lainnya bila diperlukan.

5. CR (*Computed Radiography*)

Penggunaan CR dalam radiografi masih memakai kaset seperti pada radiografi konvensional. Hanya saja di dalam kaset CR terdapat IP (*Image Plate*) sebagai media penerima gambar tanpa ada film radiografi dan IS (*Intensifying Screen*) seperti pada radiografi konvensional. Sehingga ketika rumah sakit atau klinik melakukan konversi untuk menggunakan alat CR tidak perlu mengganti peralatan x-ray yang sudah ada, hanya mengganti kaset radiografi konvensional dengan kaset CR (Utami, Saputro & Felayani, 2018).



Gambar 2.18. Petugas sedang memasukkan kaset CR pada alat CR reader. (Utami, Saputro & Felayani, 2018).

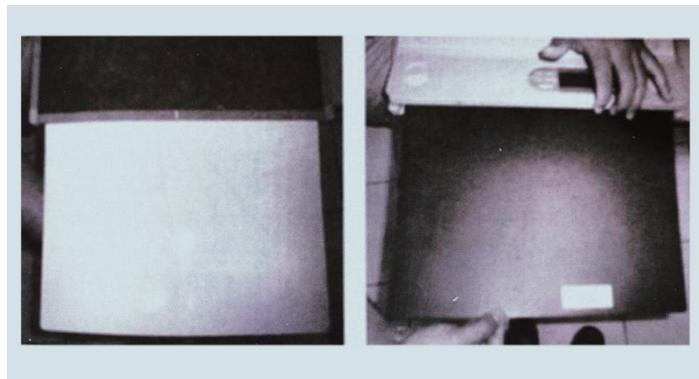
Kaset CR yang telah digunakan dalam pemeriksaan radiografi atau terekspose, akan menstimulus *phospor* pada IP dan meninggalkan elektron-elektron yang terperangkap sebagai representasi dari intensitas transmisi sinar-X setelah melewati objek tubuh pasien. Selanjutnya kaset IP akan dibaca dengan cara memasukkan ke dalam CR reader secara mekanik dan otomatis, IP akan dikeluarkan dari kaset dan dilakukan *scanning* untuk mendapatkan data representasi intensitas transmisi sinar-X, yang selanjutnya dikirim ke komputer dan ditampilkan dalam layar monitor menjadi sebuah radiograf (Utami, et al 2018). Beberapa peralatan CR sebagai berikut:

a. Kaset

Seperti pada kaset radiografi konvensional, kaset CR juga memiliki ciri ringan, kuat dan dapat digunakan berulang-ulang. Kaset CR berfungsi sebagai pelindung IP dan tempat menyimpan IP serta sebagai alat dalam memudahkan proses transfer IP menuju alat CR reader (Utami, Saputro & Felayani, 2018).

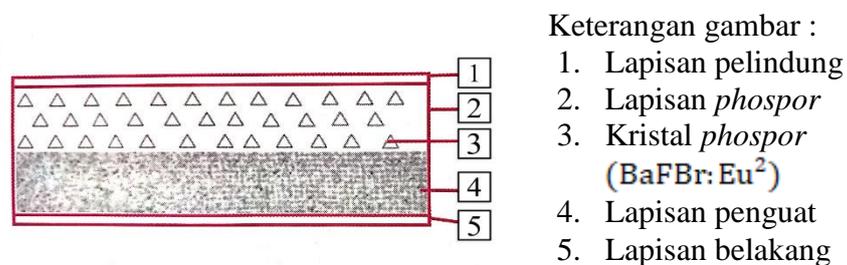
Secara umum kaset CR terbungkus dengan plastik, hanya pada bagian belakang terbuat dari lembaran tipis aluminium yang berfungsi untuk menyerap sinar-X. Ukuran pada kaset CR sama halnya dengan kaset film *screen* terdiri dari 18 cm x 24 cm, 24 cm x 30 cm, 35 cm x 35 cm dan kadang dijumpai ukuran 35 cm x 43 cm (Utami, Saputro & Felayani, 2018).

b. IP (*Image Plate*)



Gambar. 2.19. Bentuk fisik IP (Utami, Saputro & Felayani, 2018).

Pada CR, bayangan laten tersimpan dalam IP yang terbuat dari unsur *phospor* tepatnya adalah *barium fluorohide phospor* (BaFBr:Eu^2) (Utami, Saputro & Felayani, 2018).



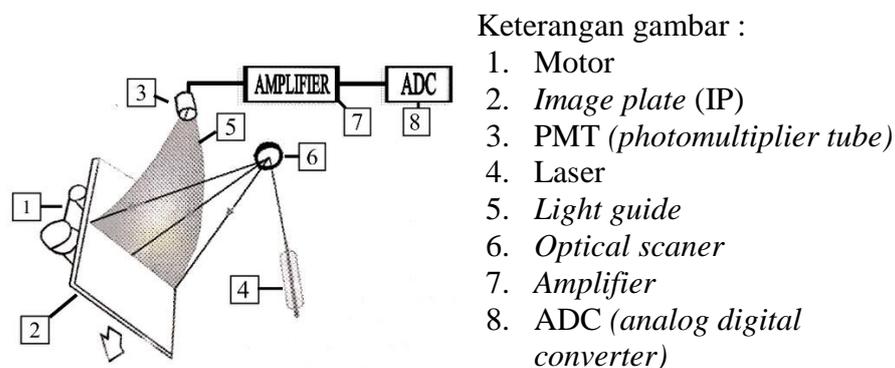
Gambar 2.20. Struktur IP (Utami, et al 2018).

Bagian-bagian dalam IP adalah sebagai berikut.

- 1) Lapisan Pelindung (*Protective Layer*)
- 2) Lapisan *Phospor* (*Phospor Layer*)
- 3) Lapisan Penguat (*Support Layer*)
- 4) Lapisan Belakang (*Backing Layer*) (Utami, et al 2018).

IP dilengkapi dengan *barcode* yang berfungsi untuk dapat dikenali saat dilakukan pembacaan pada *CR reader* (Utami, et al 2018).

c. Alat Pembaca CR (*CR Reader*)

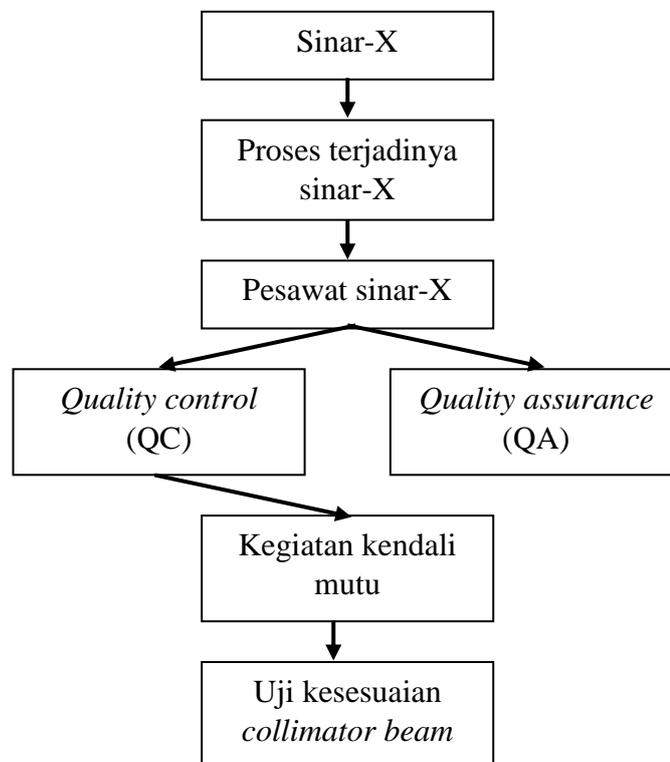


Gambar 2.21. Ilustrasi proses kerja *CR reader* (Utami, et al 2018).

IP dalam kaset yang telah disinari (telah dipergunakan untuk pemeriksaan) harus dimasukkan dalam alat *CR reader*. Alat *CR reader* berfungsi untuk menstimulus elektron yang terperangkap pada IP menjadi bentuk cahaya biru yang dikirim ke PMT (*photomultiplier tube*) yang selanjutnya dirubah ke dalam bentuk *signal* analog. Selanjutnya *signal* analog dirubah menjadi digital oleh ADC (*analog digital converter*) dan dikirim ke komputer untuk ditampilkan dalam monitor (Utami, et al 2018).

Selanjutnya gambar dapat disimpan atau dicetak sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan IP yang telah di *scan* dilakukan penghapusan yang bertujuan untuk membersihkan sisa elektron yang terperangkap dalam IP dengan cara diberikan cahaya kuat (UV). Setelah dilakukan pembersihan, IP siap digunakan kembali (Utami, et al 2018).

B. Kerangka Teori



Bagan 2.1. Kerangka teori.

C. Penelitian Terkait

Peneliti memasukkan beberapa penelitian terkait yang diambil dari penelitian terdahulu untuk dijadikan sebagai acuan serta pembanding bagi

penelitian yang dilakukan saat ini. Beberapa penelitian terkait sebagai berikut:

1. Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pesawat Sinar-X Konvensional Merk Showa Type TCO-1 di RSUD Sungai Dareh Kab. Dharmasraya.

Penelitian dilakukan oleh Dila Nelvo Dasril (2018) dengan judul penelitian “Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pesawat Sinar-X Konvensional Merk Showa Type TCO-1 di RSUD Sungai Dareh Kab. Dharmasraya”. Terdapat kesamaan dengan penelitian yang dilakukan saat ini, yaitu menggunakan dua *focal spot* yang berbeda dalam pengujian. Namun juga terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan saat ini, penelitian tersebut tidak dilakukan uji kesesuaian *beam alignment*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penyimpangan antara luas lapangan *collimator beam* dengan luas lapangan berkas sinar-X tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 yaitu $\leq 2\%$ FFD.

2. Uji Kesesuaian Collimator Beam dengan Berkas Sinar-X Pada Pesawat Raico Di Instalasi Radiologi Raden Mattaher Jambi.

Penelitian dilakukan oleh Sari dan Hartina (2017) dengan judul “Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X Pada Pesawat *Raico* di Instalasi Radiologi Raden Mattaher Jambi”. Terdapat kesamaan dengan penelitian yang dilakukan saat ini, yaitu menggunakan metode observasi dalam mengukur *beam alignment*. Namun juga terdapat

perbedaan dengan penelitian yang dilakukan saat ini. Penelitian tersebut tidak menggunakan dua *focal spot* yang berbeda dalam prosedur penelitian, namun digantikan dengan variasi FFD yang berbeda. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penyimpangan antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X baik luas lapangan maupun *beam alignment* tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

3. Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pada Pesawat Sinar-X Konvensional Merk Toshiba Type DRX-1603B Rumah Sakit Islam Siti Rahmah.

Penelitian yang dilakukan oleh Metiana Muhandianti (2019) dengan judul “Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pada Pesawat Sinar-X Konvensional Merk Toshiba Type DRX-1603B Rumah Sakit Islam Siti Rahmah”. Terdapat kesamaan dengan penelitian yang dilakukan saat ini, yaitu menggunakan dua *focal spot* yang berbeda dalam pengujian. Namun juga terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan saat ini, penelitian tersebut menggunakan perhitungan dalam menentukan penyimpangan *beam alignment*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penyimpangan antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X baik luas lapangan maupun *beam alignment* tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

D. Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan mengenai dugaan peneliti yang akan diuji kebenarannya berdasarkan data. Hipotesis ini penting dilakukan dalam inferensia statistika sebagai kesimpulan sementara dari permasalahan penelitian (Abdullah & Susanto, 2015). Secara sederhana terdapat dua hipotesis di dalam penelitian yaitu hipotesis nihil (H_0) dan hipotesis alternatif (H_a atau H_1). Hipotesis nihil merupakan hipotesis yang menolak dugaan peneliti, sebaliknya hipotesis alternatif merupakan hipotesis yang menerima prediksi penelitian (Ismail, 2018). Pada penelitian ini, peneliti merumuskan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada penyimpangan *collimator beam* yang melebihi batas toleransi.

H_a : Ada penyimpangan *collimator beam* yang melebihi batas toleransi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini adalah penelitian dengan metode kuantitatif dengan metode desain eksperimental. Menurut Ismail (2018) penelitian kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang menghubungkan atau membandingkan satu variabel dengan variabel lain, data yang dihasilkan bersifat numerik atau angka, memiliki hipotesis sebagai dugaan awal penelitian, instrumen pengumpulan data melalui tes dan non tes, analisis data menggunakan statistika, dan hasil penelitian atau kesimpulan dapat mewakili populasi.

Salah satu jenis penelitian kuantitatif adalah penelitian percobaan yang sering kali disebut sebagai penelitian eksperimen (Ismail, 2018). Metode eksperimen adalah metode penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat (kausalitas) antara satu variabel dengan lainnya (variabel X dan variabel Y). Untuk menjelaskan hubungan kausalitas ini, peneliti harus melakukan kontrol dan pengukuran yang sangat cermat terhadap variabel-variabel penelitiannya. Metode eksperimen tidak hanya digunakan untuk menjelaskan hubungan sebab akibat antara satu dan lain variabel, tetapi juga untuk menjelaskan dan memprediksi gerak atau arah kecenderungan suatu variabel di masa depan. Ini adalah eksperimen yang bertujuan untuk memprediksi. (Siyoto & Sodik, 2015)

B. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah definisi yang didasarkan atas sifat-sifat hal yang didefinisikan yang mana sifat-sifat tersebut dapat diamati. Secara tidak langsung, definisi operasional tersebut akan merujuk pada alat pengambil data yang cocok digunakan atau mengacu pada bagaimana mengukur variable (Winarno, 2013). Penelitian ini terdapat dua variabel yaitu variabel independen dan variabel dependen.

1. Variabel Independen/Bebas

Variabel independen adalah atribut atau karakteristik yang dapat memberikan pengaruh atau dampak dari variabel dependen. Di dalam penelitian, variabel ini disebut pula variabel X, bebas, faktor, *treatment*, prediktor, determinan, atau variabel anteseden (Ismail, 2018). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *collimator beam*.

2. Variabel Dependen/Terikat

Variabel dependen adalah atribut atau karakteristik yang dipengaruhi oleh variabel independen. Variabel ini menjadi objek utama dalam penelitian. Variabel dependen disebut pula sebagai variabel Y, terikat, *outcome*, efek, kriteria, dan konsekuensi. (Ismail, 2018). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil gambaran radiograf.

Variabel yang diidentifikasi perlu didefinisikan secara operasional, sebab setiap istilah (variabel) dapat diartikan secara berbeda-beda oleh orang yang berkaitan (Winarno, 2013). Definisi operasional pada penelitian ini dapat dilihat pada table berikut.

Table 3.1. Definisi Operasional.

Variabel	Definisi Operasional	Hasil Ukur/Kategori
<i>Collimator Beam</i>	Cahaya yang dibatasi oleh <i>collimator</i> untuk menunjukkan secara akurat di mana sinar-X <i>primer</i> akan diproyeksikan selama paparan (Faubert, 2013).	1. Baik: Penyimpangan $\leq 2\%$ FFD. 2. Tidak Baik: Penyimpangan $> 2\%$ FFD.

C. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau. Peneliti memilih lokasi di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau karena peneliti pernah melakukan PKL (Praktek Kerja Lapangan) di lokasi tersebut, oleh karena itu, sedikit banyak peneliti sudah mengetahui permasalahan yang ada di lokasi tersebut. Waktu Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Juli tahun 2020. Adapun Jadwal Penelitian sebagai berikut:

Tabel 3.2. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan Penelitian	Bulan					
		Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
1	Pengajuan Judul						
2	Penyusunan Proposal						
3	Seminar Proposal						
4	Pelaksanaan Penelitian						
5	Penyusunan Laporan						

D. Alat Pengumpul Data

1. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pesawat sinar-X

1) *Merk/type* : Villa Medial System/6100CRAD.

2) *Serial Number* : CPD 0787 OLIO

3) *Max Voltage* : 150 kV

4) *Made In* : Italy



Gambar 3.1. Pesawat sinar-X.

- b. *Collimator test tool merk/type: Leeds Test Objects/TOR ABC*, untuk mengukur tingkat kesejajaran lapangan penyinaran antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X.



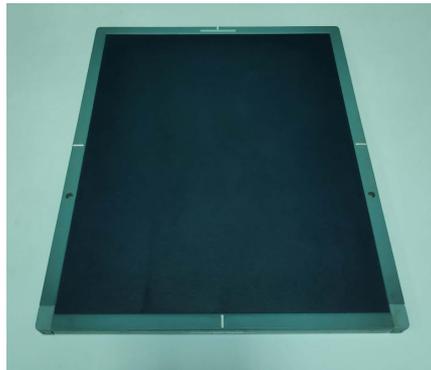
Gambar 3.2. *Collimator test tool*.

- c. *Beam alignment test tool* untuk mengukur kesejajaran titik pusat antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X.



Gambar 3.3. *Beam alignment test tool*.

- d. Kaset CR merk Fuji Film ukuran 24 cm x 30 cm.



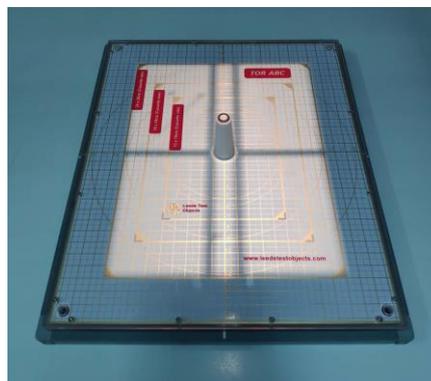
Gambar 3.4. Kaset CR

- e. *Waterpass merk Great* berfungsi untuk mengukur kedataran tabung sinar-X dan meja pemeriksaan.
- f. Mistar/penggaris merk *Micro Star*, untuk mengukur simpangan.
- g. *Viewing box* untuk melihat hasil gambaran radiograf lebih jelas.

2. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan alat dan bahan.
- b. Pesawat sinar-X diatur dalam posisi “ON”.
- c. Meletakkan kaset ukuran 24 x 30 cm di atas permukaan yang datar (dites dengan menggunakan *waterpass/bullwater*).
- d. Yakinkan bahwa anoda dan katoda sudah paralel dengan kaset.
- e. Nyalakan lampu kolimator (*collimator beam*) pada pesawat sinar-X dan diatur tegak lurus (sudut 90°) terhadap kaset dengan sentrasi tabung sinar-X dipusatkan di tengah kaset.
- f. Atur jarak antara *focus* dengan film (FFD) setinggi 100 cm.
- g. Letakkan alat uji *collimator test tool* pada pertengahan kaset.
- h. Nyalakan lampu kolimator, atur luas lapangan penyorotan cahaya kolimator sesuai dengan garis persegi yang ada pada permukaan alat uji *collimator test tool*.
- i. Tempatkan *beam alignment test tool* pada pusat area pencahayaan.



Gambar 3.5. Uji kesesuaian *collimator beam*.

j. Mengatur faktor eksposi.

- 1) Pengujian dengan *focal spot* kecil menggunakan 60 kV, 140 mA, dan 0,05 s.



Gambar 3.6. Faktor eksposi untuk *focal spot* kecil.

- 2) Pengujian dengan *focal spot* besar menggunakan 60 kV, 200 mA, dan 0,05 s.

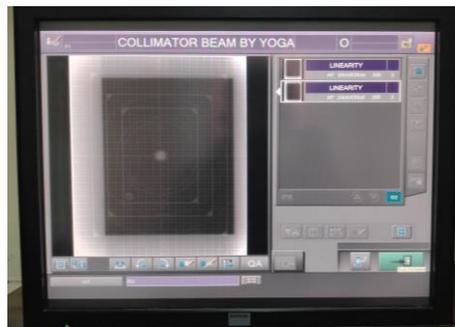


Gambar 3.7. Faktor eksposi untuk *focal spot* besar.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Dilla Nelvo Dasril pada tahun 2018, diperoleh hasil bahwa perbedaan *focal spot* akan berpengaruh pada pergeseran luas lapangan sinar-X. penggunaan ukuran *focal spot* yang berbeda berhubungan dengan faktor eksposi.

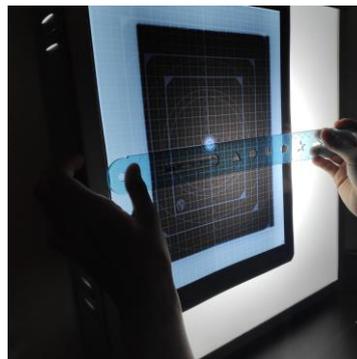
Peneliti menggunakan faktor eksposi yang digunakan oleh Dilla Nelvo Dasril pada penelitiannya tahun 2018 karena metode yang digunakan oleh Dilla Nelvo Dasril sama seperti metode penelitian ini yaitu menggunakan *focal spot* kecil dan *focal spot* besar sehingga lebih mudah membedakan ukuran *focal spot* melalui faktor eksposi yang digunakan. Selain itu, menurut penulis faktor eksposi ini adalah faktor eksposi yang cocok untuk uji kesesuaian *collimator beam* karena tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah. Peneliti telah mengumpulkan beberapa referensi, peneliti menemukan bahwa banyak penelitian yang tidak menggunakan metode ukuran *focal spot* yang berbeda namun menggunakan ukuran FFD yang berbeda sehingga hanya menggunakan satu *focal spot* saja. Perbedaan ukuran FFD dapat menggantikan perbedaan ukuran *focal spot* karena memiliki efek yang sama yaitu semakin besar jarak FFD ataupun ukuran *focal spot* maka semakin besar ukuran penyinaran sinar-X. Peneliti menggunakan ukuran *focal spot* yang berbeda agar penelitian ini sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

- k. Ulangi percobaan hingga tiga kali percobaan untuk setiap *focal spot* yang berbeda.
- l. Proses kaset yang sudah terekspos di *workstation* dengan *computed radiography*.



Gambar 3.8. Proses hasil gambaran dengan *computed radiography*.

- m. Ukur dan catat perubahan skala lapangan radiasi yang tampak pada film radiografi (X1 dan X2 serta Y1 dan Y2).



Gambar 3.9. Pengukuran penyimpangan *collimator beam*.

- n. Analisis tingkat kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yang dihasilkan menggunakan standar pengukuran dengan menggunakan rumus:

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

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

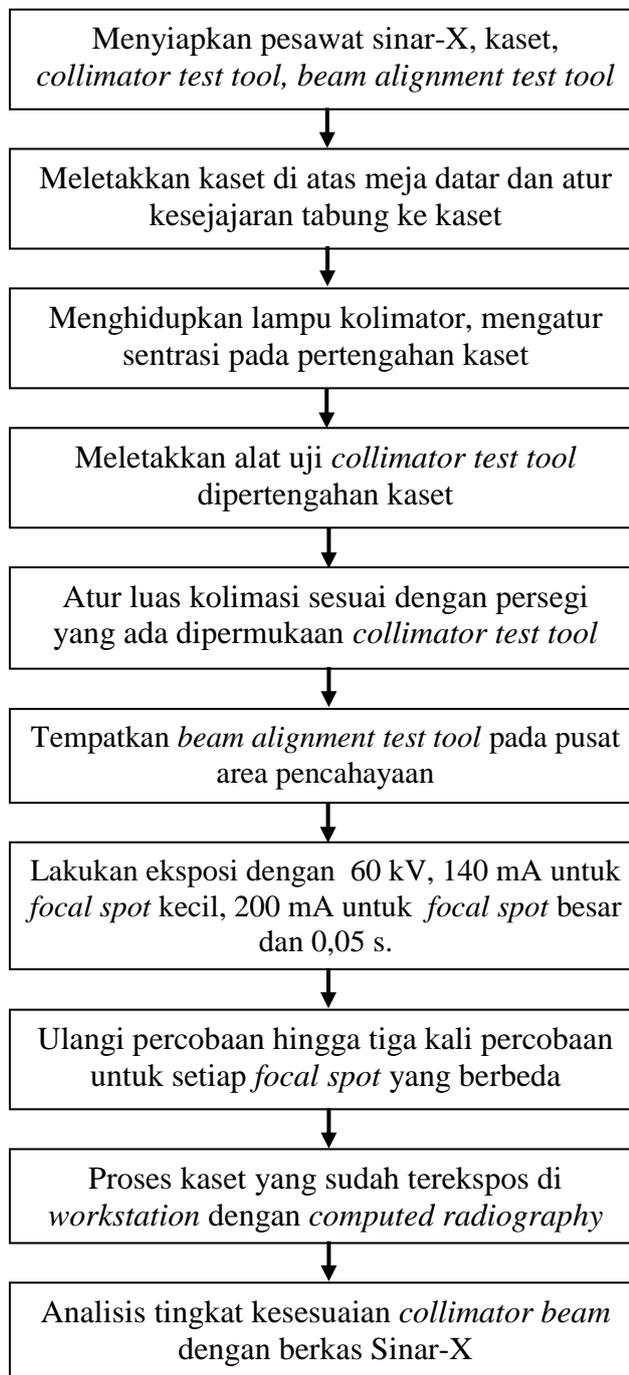
- o. Nilai batas toleransi kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X sesuai dengan ketentuan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 dengan

standar NCRP (*National Council of Radiation Protection and Measurement*) yaitu $\leq 2\%$ FFD (*focus film distance*).

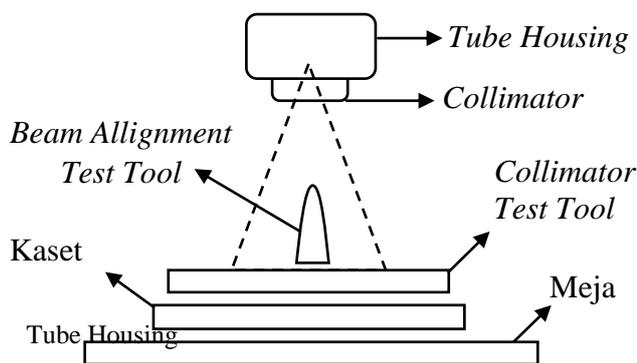
- p. Untuk menentukan kesesuaian titik pusat/*beam alignment*, nilai batas toleransi yang ditetapkan sesuai dengan ketetapan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 dengan standar NCRP (*National Council Of Radiation Protection and Measurement*) yaitu $\leq 3^\circ$.

3. Diagram Alur Penelitian

Diagram alur dapat dilihat pada bagan 3.1. di bawah ini



Bagan 3.1. Diagram alur penelitian.



Gambar 3.10. Ilustrasi uji kesesuaian *collimator beam*.

4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran secara langsung pada saat uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X dengan tiga kali pengambilan data untuk setiap *focal spot* yang berbeda di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.

5. Pengolahan Data

a. Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X

Pada penelitian ini, data didapatkan berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan cara mengukur selisih skala lapangan *collimator beam* dengan skala lapangan berkas sinar-X. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009 tentang pedoman kendali mutu (*quality control*) peralatan radiodiagnostik, data-data hasil pengukuran dianalisa dengan menggunakan rumus:

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

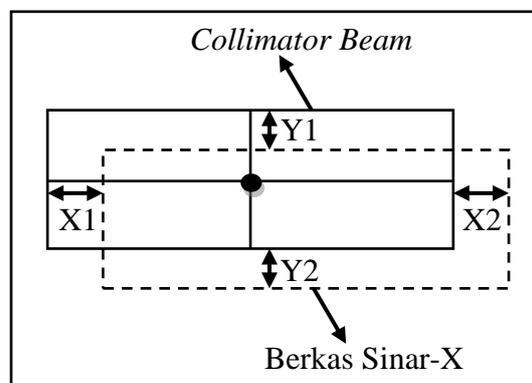
$$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$$

Keterangan:

X 1 dan X2 : Selisih skala lapangan antara *collimator beam* dan berkas sinar-X sisi kiri dan sisi kanan.

Y1 dan Y2 : Selisih skala lapangan antara *collimator beam* dan berkas sinar-X sisi atas dan sisi bawah.

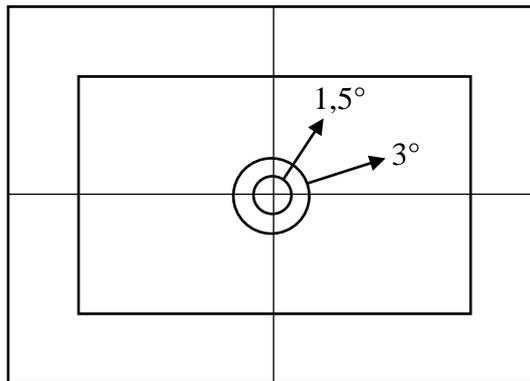
FFD (*focus film distance*) : Jarak ketinggian antara tabung sinar-X dengan film/kaset dalam centimeter.



Gambar 3.11. Ilustrasi pengukuran selisih skala lapangan antara *collimator beam* dengan berkas sinar-x.

- b. Uji Kesesuaian Titik Pusat/*Beam Alignment* antara *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X

Pada uji kesesuaian titik pusat *collimator beam* dengan berkas sinar-X, data didapatkan dengan melakukan observasi terhadap titik pusat. Menurut Sari dan Hartina (2017) standar toleransi penyimpangan titik pusat berkas adalah $\leq 3^\circ$ dimana pada lingkaran kecil dengan jarak 0 – 0,5 cm pada kemiringan $1,5^\circ$ dan lingkaran besar dengan jarak 0,6 - 1 cm pada kemiringan 3° .



Gambar 3.12. Ilustrasi batas penyimpangan titik pusat.

6. Analisis Data

Koliminator dikatakan baik apabila lapangan sinar-X jatuh tepat pada garis tepi persegi panjang *plat test tool* atau $\leq 2\%$ FFD (*focus film distance*) dan penyimpangan titik pusat tidak melebihi 3° , dengan demikian, pesawat sinar-X tersebut dapat dikatakan layak atau sudah sesuai dengan standar KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009. Sebaliknya, apabila hasil penelitian melebihi nilai batas yang ditentukan, maka pesawat harus dilakukan perbaikan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian uji kesesuaian *collimator beam* dan uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau dilakukan menggunakan *focal spot* kecil dan *focal spot* besar dengan tiga kali pengujian untuk setiap *focal spot*. Ukuran *focal spot* dipengaruhi oleh arus (mA), semakin besar arus maka semakin besar *focal spot* yang digunakan. Dalam penelitian ini *focal spot* kecil digunakan dengan mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60 kV, arus 140 mA, dan waktu 0,05 s. sedangkan *focal spot* besar digunakan dengan mengatur faktor eksposi yaitu tegangan tabung 60 kV, arus 200 mA, dan waktu 0,05 s. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan dua *focal spot* ini adalah sebagai berikut.

1. Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X

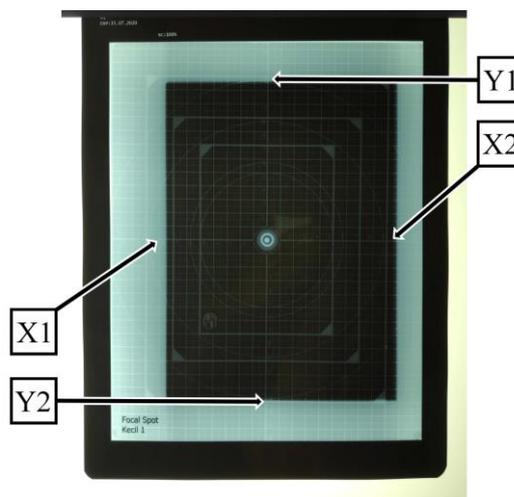
Uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X dilakukan dengan menggunakan *focal spot* kecil dan *focal spot* besar.

a. *Focal Spot* Kecil

Pada uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X menggunakan *focal spot* kecil dilakukan dengan tiga kali pengujian. Setiap pengujian diperoleh hasil sebagai berikut.

1) Pengujian Pertama

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian pertama dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1. Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari *focal spot* kecil.

Dari gambar 4.1 menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan antara bidang *collimator beam* dengan bidang berkas sinar-X di setiap sisi. Hasil pengukuran diperoleh dengan menghitung selisih antara penyimpangan bidang *collimator beam* dengan bidang sinar-X yang terukur dengan menggunakan *collimator test tool*.

Hasil pengukuran = selisih pengukuran *collimator beam* dengan sinar-X

Hasil pengukuran dan perhitungan penyimpangan pada pengujian pertama dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pengujian Pertama dari *Focal Spot* Kecil.

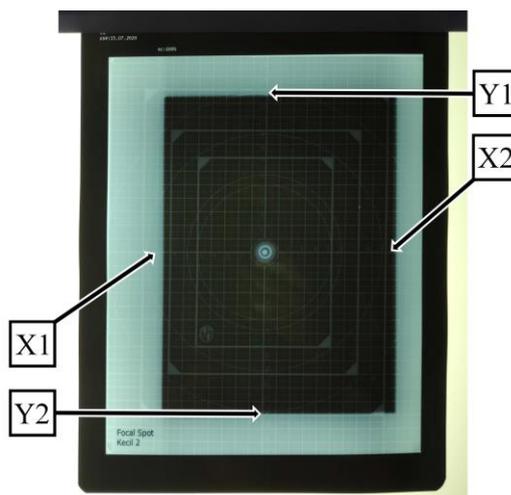
Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_c1 = 9,00$ cm	$X_s1 = 7,50$ cm	X1 = 1,50 cm
$X_c2 = 9,00$ cm	$X_s2 = 9,75$ cm	X2 = 0,75 cm
$Y_c1 = 12,00$ cm	$Y_s1 = 11,65$ cm	Y1 = 0,35 cm
$Y_c2 = 12,00$ cm	$Y_s2 = 11,90$ cm	Y2 = 0,10 cm

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Pengujian Pertama dari *Focal Spot* Kecil.

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$1,50 + 0,75 = 2,25 \text{ cm}$	$0,35 + 0,10 = 0,45 \text{ cm}$

2) Pengujian Kedua

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian kedua dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2. Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari *focal spot* kecil.

Dari gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan antara bidang *collimator beam* dengan bidang berkas sinar-X pada setiap sisi. Hasil pengukuran dan perhitungan penyimpangan pada pengujian kedua dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Pengujian Kedua dari *Focal Spot* Kecil.

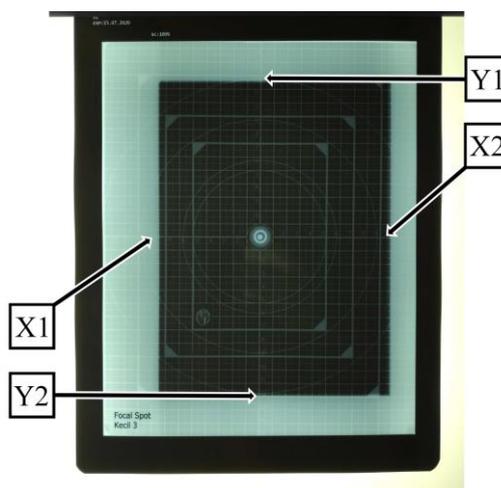
Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_C1 = 9,00$ cm	$X_S1 = 7,50$ cm	$X1 = 1,50$ cm
$X_C2 = 9,00$ cm	$X_S2 = 9,75$ cm	$X2 = 0,75$ cm
$Y_C1 = 12,00$ cm	$Y_S1 = 11,60$ cm	$Y1 = 0,40$ cm
$Y_C2 = 12,00$ cm	$Y_S2 = 11,90$ cm	$Y2 = 0,10$ cm

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Pengujian Kedua dari *Focal Spot* Kecil.

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm
$X1 + X2 \leq 2$ cm	$Y1 + Y2 \leq 2$ cm
$1,50 + 0,75 = 2,25$ cm	$0,40 + 0,10 = 0,50$ cm

3) Pengujian Ketiga

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian ketiga dari *focal spot kecil* dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini.

Gambar 4.3. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari *focal spot* kecil.

Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan antara bidang *collimator beam* dengan bidang berkas sinar-X pada setiap sisi. Hasil pengukuran dan perhitungan penyimpangan pada pengujian ketiga dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Pengujian Ketiga dari *Focal Spot* Kecil.

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_C1 = 9,00$ cm	$X_S1 = 7,50$ cm	X1 = 1,50 cm
$X_C2 = 9,00$ cm	$X_S2 = 9,75$ cm	X2 = 0,75 cm
$Y_C1 = 12,00$ cm	$Y_S1 = 11,60$ cm	Y1 = 0,40 cm
$Y_C2 = 12,00$ cm	$Y_S2 = 11,90$ cm	Y2 = 0,10 cm

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Pengujian Ketiga dari *Focal Spot* Kecil.

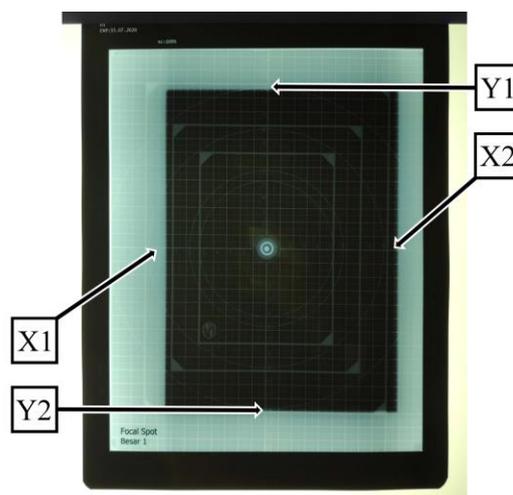
Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm
$X1 + X2 \leq 2$ cm	$Y1 + Y2 \leq 2$ cm
$1,50 + 0,75 = 2,25$ cm	$0,40 + 0,10 = 0,50$ cm

b. *Focal Spot* Besar

Pada uji kesesuai *collimator beam* dengan berkas sinar-X menggunakan *focal spot* besar dilakukan dengan tiga kali pengujian. Setiap pengujian diperoleh hasil sebagai berikut.

1) Pengujian Pertama

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian pertama dari *focal spot* besar dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4. Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari *focal spot* besar.

Dari gambar 4.4 di atas menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan antara bidang *collimator beam* dengan bidang berkas sinar-X pada setiap sisi. Hasil pengukuran dan perhitungan penyimpangan pada pengujian pertama dari *focal spot* besar dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Pengujian Pertama dari *Focal Spot* Besar.

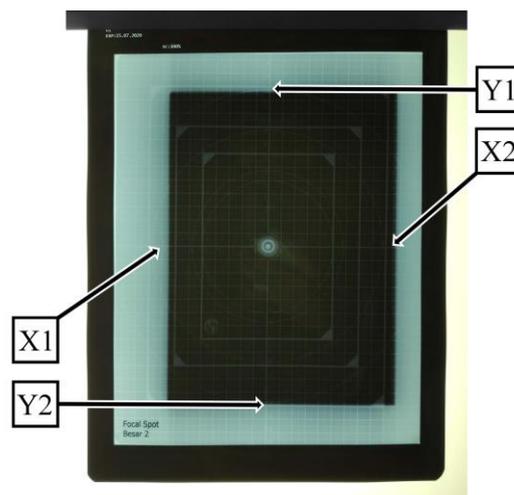
Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_c1 = 9,00$ cm	$X_s1 = 7,50$ cm	X1 = 1,50 cm
$X_c2 = 9,00$ cm	$X_s2 = 9,75$ cm	X2 = 0,75 cm
$Y_c1 = 12,00$ cm	$Y_s1 = 11,65$ cm	Y1 = 0,35 cm
$Y_c2 = 12,00$ cm	$Y_s2 = 11,90$ cm	Y2 = 0,10 cm

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Pengujian Pertama dari *Focal Spot* Besar.

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$1,50 + 0,75 = 2,25 \text{ cm}$	$0,35 + 0,10 = 0,45 \text{ cm}$

2) Pengujian Kedua

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian kedua dari *focal spot* besar dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5. Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari *focal spot* besar.

Dari gambar 4.5 di atas menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan antara bidang *collimator beam* dengan bidang berkas sinar-X pada setiap sisi. Hasil pengukuran dan perhitungan penyimpangan pada pengujian kedua dari *focal spot* besar dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.9. Hasil Pengukuran Pengujian Kedua dari *Focal Spot* Besar.

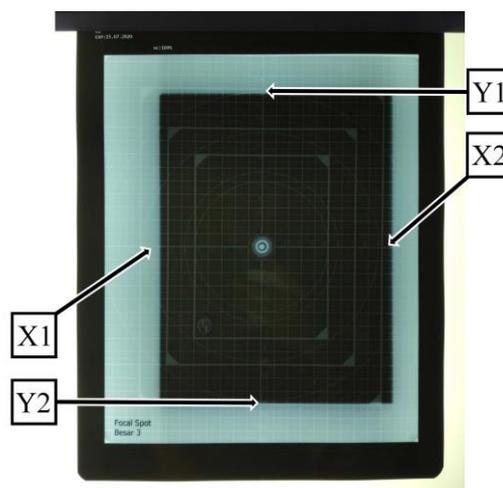
Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_C1 = 9,00$ cm	$X_S1 = 7,55$ cm	$X1 = 1,45$ cm
$X_C2 = 9,00$ cm	$X_S2 = 9,75$ cm	$X2 = 0,75$ cm
$Y_C1 = 12,00$ cm	$Y_S1 = 11,65$ cm	$Y1 = 0,35$ cm
$Y_C2 = 12,00$ cm	$Y_S2 = 11,90$ cm	$Y2 = 0,10$ cm

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Pengujian Kedua dari *Focal Spot* Besar.

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm
$X1 + X2 \leq 2$ cm	$Y1 + Y2 \leq 2$ cm
$1,45 + 0,75 = 2,20$ cm	$0,35 + 0,10 = 0,45$ cm

3) Pengujian Ketiga

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian ketiga dari *focal spot* besar dapat dilihat pada gambar 4.6 di bawah ini.

Gambar 4.6. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari *focal spot* besar.

Dari gambar 4.6 di atas menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan antara bidang *collimator beam* dengan bidang berkas sinar-X pada setiap sisi. Hasil pengukuran dan perhitungan penyimpangan pada pengujian ketiga dari *focal spot* besar dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.11. Hasil Pengukuran Pengujian Ketiga dari *Focal Spot* Besar.

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_c1 = 9,00$ cm	$X_s1 = 7,60$ cm	$X1 = 1,40$ cm
$X_c2 = 9,00$ cm	$X_s2 = 9,75$ cm	$X2 = 0,75$ cm
$Y_c1 = 12,00$ cm	$Y_s1 = 11,65$ cm	$Y1 = 0,35$ cm
$Y_c2 = 12,00$ cm	$Y_s2 = 11,90$ cm	$Y2 = 0,10$ cm

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Pengujian Ketiga dari *Focal Spot* Besar.

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm
$X1 + X2 \leq 2$ cm	$Y1 + Y2 \leq 2$ cm
$1,40 + 0,75 = 2,15$ cm	$0,35 + 0,10 = 0,45$ cm

Dengan hasil pengukuran dan perhitungan uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X di atas, maka hasil pengukuran dan perhitungan disimpulkan pada tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13. Hasil Pengukuran dan Perhitungan.

Ukuran Focal Spot	Uji	Hasil Pengukuran				Hasil Perhitungan	
		X1	X2	Y1	Y2	X1 + X2	Y1 + Y2
Kecil	1	1,50	0,75	0,35	0,10	2,25	0,45
	2	1,50	0,75	0,40	0,10	2,25	0,50
	3	1,50	0,75	0,40	0,10	2,25	0,50
Rata-rata		1,50	0,75	0,38	0,10	2,25	0,48
Besar	1	1,50	0,75	0,35	0,10	2,25	0,45
	2	1,45	0,75	0,35	0,10	2,20	0,45
	3	1,40	0,75	0,35	0,10	2,15	0,45
Rata-rata		1,45	0,75	0,35	0,10	2,20	0,45

Hasil perhitungan pada *focal spot* kecil untuk X1+X2 diperoleh hasil berturut-turut 2,25 cm, 2,25 cm, dan 2,25 cm dengan nilai rata-rata 2,25 cm. pada hasil perhitungan Y1+Y2 untuk *focal spot* kecil diperoleh hasil berturut-turut 0,45 cm, 0,50 cm dan 0,50 cm dengan nilai rata-rata 0,48 cm. Kemudian hasil perhitungan pada *focal spot* besar untuk X1+X2 diperoleh hasil berturut-turut 2,25 cm, 2,20 cm dan 2,15 cm dengan nilai rata-rata 2,20 cm. pada hasil perhitungan Y1+Y2 untuk *focal spot* besar diperoleh hasil berturut-turut 0,45 cm, 0,45 cm, dan 0,45 cm dengan nilai rata-rata 0,45 cm. Dari hasil yang diperoleh pada perhitungan X1+X2 dengan menggunakan *focal spot* kecil maupun *focal spot* besar didapatkan nilai penyimpangan yang melewati batas toleransi yaitu > 2 cm berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

2. Uji Kesesuaian Titik Pusat/*Beam Alignment* antara *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X

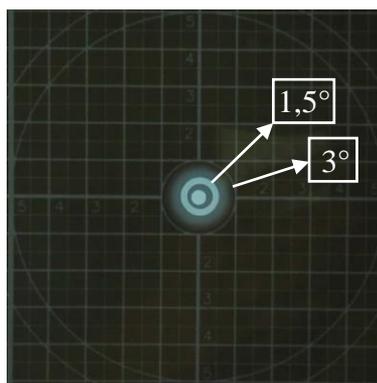
Uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X dilakukan bersamaan dengan uji kesesuaian *collimator beam*, maka penelitian ini juga menggunakan *focal spot* kecil dan *focal spot* besar dengan tiga kali pengujian untuk setiap *focal spot*.

a. *Focal Spot* Kecil

Pada uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X menggunakan *focal spot* kecil dilakukan dengan tiga kali pengujian. Hasil dari setiap pengujian diperoleh sebagai berikut.

1) Pengujian Pertama

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian pertama dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada gambar 4.7 di bawah ini.



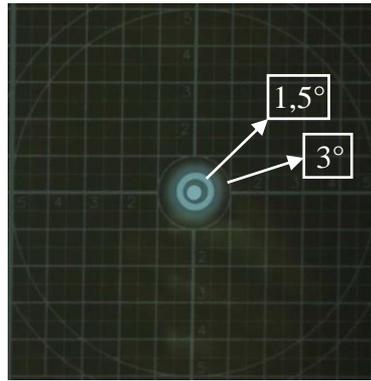
Gambar 4.7. Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari *focal spot* kecil.

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa titik pusat sinar-X berada pada lingkaran kecil *collimator test tool*. Hal ini

menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi.

2) Pengujian Kedua

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian kedua dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini.

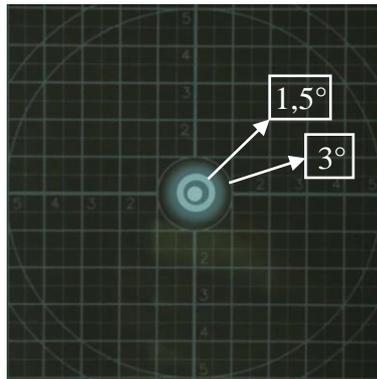


Gambar 4.8. Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari *focal spot* kecil.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa titik pusat sinar-X berada pada lingkaran kecil *collimator test tool*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi.

3) Pengujian Ketiga

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian ketiga dari *focal spot* kecil dapat dilihat pada gambar 4.9 di bawah ini.



Gambar 4.9. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari *focal spot* kecil.

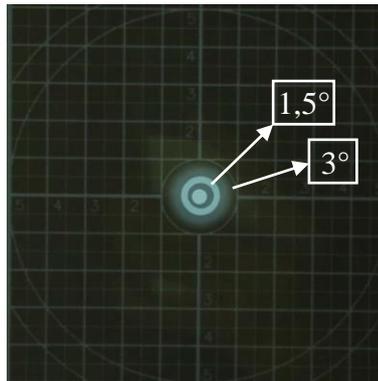
Dari gambar 4.9 menunjukkan bahwa titik pusat sinar-X berada pada lingkaran kecil *collimator test tool*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi.

b. Focal Spot Besar

Pada uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X menggunakan *focal spot* besar dilakukan dengan tiga kali pengujian. Hasil dari setiap pengujian diperoleh sebagai berikut.

1) Pengujian Pertama

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian pertama dari *focal spot* besar dapat dilihat pada gambar 4.10 di bawah ini.

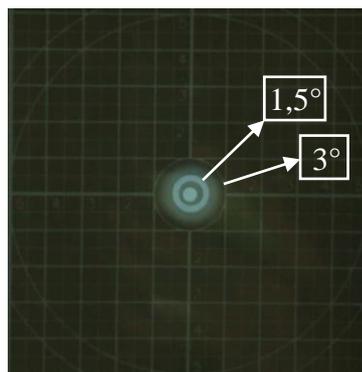


Gambar 4.10. Hasil gambaran radiograf pengujian pertama dari *focal spot* besar.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa titik pusat sinar-X berada pada lingkaran kecil *collimator test tool*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi.

2) Pengujian Kedua

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian kedua dari *focal spot* besar dapat dilihat pada gambar 4.11 di bawah ini.

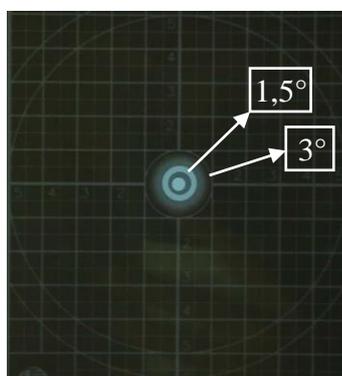


Gambar 4.11. Hasil gambaran radiograf pengujian kedua dari *focal spot* besar.

Dari gambar 4.11 menunjukkan bahwa titik pusat sinar-X berada pada lingkaran kecil *collimator test tool*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi.

3) Pengujian Ketiga

Hasil gambaran yang diperoleh pada pengujian ketiga dari *focal spot* besar dapat dilihat pada gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12. Hasil gambaran radiograf pengujian ketiga dari *focal spot* besar.

Dari gambar 4.12 menunjukkan bahwa titik pusat sinar-X berada pada lingkaran kecil *collimator test tool*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi.

Dari seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X, diperoleh hasil bahwa titik pusat berada pada lingkaran kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai penyimpangan titik pusat $< 1,5^\circ$. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi. Berdasarkan

KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian titik pusat yaitu $\leq 3^\circ$.

B. Pembahasan

Collimator beam adalah cahaya yang dibatasi oleh *collimator* untuk menunjukkan secara akurat di mana sinar-X *primer* akan diproyeksikan selama paparan (Fauber, 2013). Semakin sering digunakan maka fungsi *collimator beam* akan semakin menurun. Salah satu contoh menurunnya fungsi *collimator beam* adalah tidak sesuainya luas lapangan *collimator beam* dengan luas lapangan berkas sinar-X. Ketidaksesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X dapat disebabkan karena seringnya kontrol ukuran *collimator beam* diputar, *collimator* pernah dibongkar untuk perbaikan, pergantian lampu *collimator*, adanya guncangan yang menyebabkan *shutter collimator*, lampu *collimator*, maupun cermin *collimator* berubah posisi. Hal ini akan mengakibatkan berkas sinar-X yang dikeluarkan tidak sesuai dengan ukuran *collimator beam* yang digunakan.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *collimator test tool* dan *beam alignment test tool* yang memiliki skala centimeter. Peneliti dapat mengukur penyimpangan antara luas lapangan *collimator beam* dengan luas lapangan berkas sinar-X dengan mengukur keempat sisi yaitu X1, X2, Y1, dan Y2. Kemudian untuk mengukur titik pusat/*beam alignment* dilakukan dengan cara mengamati titik pusat dengan batas toleransi penyimpangan yaitu titik pusat tidak melewati lingkaran besar yang berjarak satu centimeter pada

titik pusat *collimator test tool*. Penelitian ini menggunakan *focal spot* kecil dan *focal spot* besar dengan tiga kali pengujian untuk setiap *focal spot*. Ukuran *focal spot* dipengaruhi oleh arus (mA), semakin besar arus maka semakin besar *focal spot* yang digunakan.

Pada hasil gambaran radiograf uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X, luas lapangan berkas sinar-X mengalami penyimpangan ke arah anoda (X2). Pada pengukuran bagian sisi X2, berkas sinar-X mengarah keluar melebihi ukuran *collimator beam* yang digunakan. Hal ini dapat mengakibatkan paparan radiasi berlebih terhadap bagian tubuh yang tidak diperlukan untuk di ekspose. Kemudian pada pengukuran X1, Y1, dan Y2 berkas sinar-X mengarah kedalam, lebih kecil dari ukuran *collimator beam* yang digunakan. Hal ini dapat menyebabkan gambaran yang diperlukan untuk diagnosis terpotong. Ketidaksesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X akan berpengaruh terhadap kualitas gambaran radiograf, selain itu akan meningkatkan dosis terhadap pasien jika terjadi pengulangan ekspose diakibatkan gambaran yang dihasilkan tidak sesuai dengan harapan.

Berdasarkan hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada perhitungan $X1+X2$ diperoleh nilai penyimpangan yang melebihi batas toleransi pada sumbu X yaitu dengan nilai rata-rata 2,25 cm untuk *focal spot* kecil dan 2,20 cm untuk *focal spot* besar. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yaitu $\leq 2\%$ FFD. Peneliti menggunakan FFD 100 cm, maka nilai batas toleransi penyimpangan adalah

≤ 2 cm. Kemudian dari seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* antara *collimator beam* dengan berkas sinar-X, diperoleh hasil bahwa titik pusat berada di dalam lingkaran kecil. Hal ini menunjukkan bahwa nilai penyimpangan titik pusat $< 1,5^\circ$. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian titik pusat yaitu $\leq 3^\circ$. Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka peneliti menerima dugaan H_a dari peneliti bahwa ada penyimpangan *collimator beam* yang melebihi batas toleransi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X dan uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* pada pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau dengan menggunakan *collimator test tool* dan *beam alignment test tool* maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian dari uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, diperoleh nilai penyimpangan yang melebihi batas toleransi pada sumbu X yaitu dengan nilai rata-rata 2,25 cm pada *focal spot* kecil dan 2,20 cm pada *focal spot* besar. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yaitu $\leq 2\%$ FFD atau ≤ 2 cm dengan FFD 100 cm. Kemudian pada seluruh hasil uji kesesuaian titik pusat/*beam alignment* menunjukkan titik pusat berada di dalam lingkaran kecil dengan nilai $< 1,5^\circ$, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan titik pusat yang melebihi batas toleransi. Berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, nilai batas toleransi kesesuaian titik pusat yaitu $\leq 3^\circ$.
2. Berdasarkan hasil uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *collimator* pada

pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau belum bisa dikatakan layak karena penyimpangan *collimator beam* pada pesawat sinar-X diagnostik melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan oleh KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009.

B. Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian uji kesesuaian *collimator beam* dengan berkas sinar-X pada pesawat sinar-X diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, menunjukkan bahwa adanya penyimpangan *collimator beam* yang melebihi batas toleransi pada sumbu X, maka sebaiknya dilakukan pengujian lebih lanjut oleh Lembaga Uji Kesesuaian (LUK) yang terverifikasi oleh BAPETEN.
2. Sebaiknya uji kesesuaian *collimator beam* dilakukan secara berkala sesuai dengan yang telah ditetapkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 yaitu satu bulan sekali.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut terkait kendali mutu radiologi pada komponen-komponen lain untuk memastikan kendali mutu tetap dalam keadaan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Sarini & Taufik Edy Sutanto. *Statistika Tanpa Stres*. Jakarta: Transmedia Pustaka
- B Heaton, P P Dendy. 2012. *Physics for Diagnostic Radiology*. Boca Raton: Taylor & Francis Group
- Bushong, Stewart Carlyle. 2013. *Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection*. Canada: Elsevier Health Sciences
- Dasril, Dila Nelvo. 2018. *Uji Kesamaan Berkas Cahaya Kolimasi Pesawat Sinar-X Konvensional Merk Showa Type TCO-1 Di Rsud Sungai Dareh Kab. Dharmasraya. Jurnal Menara Ilmu*. 12(10): 47-51.
- Fauber, Terri L. 2013. *Radiographic Imaging & Exposure*. Elsevier Health Sciences
- Fosbinder, Robert & Denise Orth. 2012. *Essentials of Radiologic Science*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health
- Indrati, Rini, et al. 2017. *Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik dan Intervensional*. Magelang: Inti Medika Pustaka
- Ismail, Fajri. 2018. *Statistika untuk Penelitian Pendidikan dan Ilmu-Ilmu Sosial*. Jakarta: Prenadamedia Group
- Lestari, Sri. 2019. *Teknik Radiografi Medis*. Magelang: Inti Medika Pustaka
- PERKA BAPETEN. 2011. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta: BAPETEN
- PERKA BAPETEN. 2014. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta: BAPETEN
- PERKA BAPETEN. 2018. *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir RI Nomor 2 Tahun 2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta: BAPETEN
- PERMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 Tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality control*) Peralatan Radiodiagnostik. Jakarta: Kemenkes

- PERMENKES RI No. 4 Tahun 2018 Tentang Kewajiban Rumah Sakit dan Kewajiban Pasien. Jakarta: Kemenkes
- Rasad, S. 2016. *Radiologi Diagnostik*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
- Sari, Ayu Wita & Siti Hartina. 2017. *Uji Kesesuaian Collimator Beam dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Raico di Instalasi Radiologi Raden Mattaheer Jambi. Jurnal Pusat Sains dan Teknologi Akselerator*. 29-34.
- Savitri, Retno Endah, Susilo, & Sunarno. 2014. *Optimasi Faktor Eksposi pada Sistem Radio Optimasi Faktor Eksposi pada Sistem Radiografi Grafi Digital Menggunakan Analisis CNR (Contrast to Noise Ratio)*. *Unnes Physics Journal*. 3(1): 60-67.
- Seeram, Euclid. 2019. *Digital Radiography*. Sydney: Springer
- Siyoto, Sandu & M. Ali Sodik. 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Media Publishing
- Souisa, Felda, Ratnawati, & Balik Sudarsana. 2014. *Pengaruh Perubahan Jarak Obyek ke Film Terhadap Pembesaran Obyek pada Pemanfaatan Pesawat Sinar-X, Type CGR*. *Jurnal Buletin Fisika*. 15(2): 15-21.
- Suyatno, Ferry, Djiwo Harsono & Azizah Marwiana. 2011. *Rancang Bangun Pemilih Arus dan Pewaktu pada Pesawat Sinar-X Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. *JFN*. 5(2): 151-165.
- Utami, Asih Puji, Sudibyo Dwi Saputro & Fadli Felayani. 2018. *Radiologi Dasar I*. Magelang: Inti Medika Pustaka
- Winarno, M.E. 2013. *Metodologi Penelitian dalam Pendidikan Jasmani*. Malang: UM Press



Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan

AWAL BROS PEKANBARU

No : 198 /C.1a/STIKes-ABP/D3/08.2020

Pekanbaru, 26 Agustus 2020

Lampiran : -

Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth :

Bapak/Ibu Direktur RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau

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, sesuai dengan kalender Akademik Prodi Diploma III Teknik Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Awal Bros Pekanbaru Tahun Ajaran 2019/2020, bahwa Mahasiswa/i kami akan melaksanakan penyusunan Karya Tulis Ilmiah.

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

Nama : Yoga Saputra

Nim : 17002016

Dengan Judul : Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat Sinar-X Diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Pekanbaru.

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

 Ketua Prodi DIII Teknik Radiologi



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

NIK. AB3.1220190221

Tembusan :

1. Arsip



UNIT ETIK PENELITIAN KEDOKTERAN DAN KESEHATAN
ETICAL REVIEW BOARD FOR MEDICINE & HEALTH RESEARCH
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS RIAU

Jl. Diponegoro No. 1 Pekanbaru, Riau, Indonesia Kode Pos 28133

Telpon : +62(0761) 839264, Email: kajietik@gmail.com

NOMOR KEPK : 1471032P

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK
ETHICAL CLEARANCE

No : B / 053 /UN19.5.1.1.8/UEPKK/2020

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :

The research protocol proposed by

Peneliti utama : Yoga Saputra
Principal Investigator

Pembimbing : 1. Yoki Rahmat, M.Si
Advisor 2. Marido Bisra, S.Tr.Rad

Nama Institusi : Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKES) Awal Bros Pekanbaru
Name of the Institution

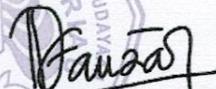
Dengan Judul : UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS
Title SINAR-X PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI
INSTALASI RADIOLOGI RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI
RIAU

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guideline. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Keterangan Lolos Kaji Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 3 Juli 2020 sampai dengan tanggal 3 Juli 2021 dan dapat diperbaharui dengan pemberitahuan maksimal 30 hari sebelum masa berlaku habis.

This Ethical Clearance is Applicable from July 3, 2020 until July 3, 2021 and renewal must be submitted at least 30 days prior to expired date.

July 3, 2020
Ketua
Chairman

dr. Dina Fauzia, Sp.FK
NIP 197807282005012002



PEMERINTAH PROVINSI RIAU
RSUD ARIFIN ACHMAD

Jl. Diponegoro No. 2 Telp. (0761) - 23418, 21618, 21657, Fax (0761) - 20253
Pekanbaru



Nomor : 072 /RSUD-DIKLIT/122
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Hal : Izin Pengambilan Data

Pekanbaru, 16 September 2020
Kepada
Yth. Kepala Instalasi Radiologi
di-
Pekanbaru

Menindaklanjuti surat dari Ketua Program Studi DIII Teknik Radiologi STIKES Awal Bros Pekanbaru, Nomor : 068/C.1a/STIKes-ABP/D3/04.2020, tanggal 22 April 2020, perihal izin Pengambilan Data untuk keperluan penyusunan skripsi yaitu :

Nama : Yoga Saputra
NIM : 17002016
Program Studi : DIII. Teknik Radiologi
Judul : *Uji kesesuaian Collimator Beam dengan berkas Sinar-X pada pesawat X-Ray Diagnostil di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.*

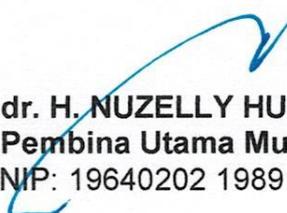
Dengan ini pihak RSUD Arifin Achmad dapat memberi izin pengambilan data dimaksud dengan ketentuan sbb :

1. Kepada yang bersangkutan tidak melakukan kegiatan yang menyimpang dari ketentuan yang telah ditetapkan.
2. Pengambilan data tidak melakukan tindakan teknis/medis secara langsung kepada responden (pasien).
3. Pengambilan data berlaku selama 1 (satu) bulan terhitung dari tanggal penerbitan surat ini.
4. Pengambilan data ini tidak dibenarkan untuk memfoto, fotocopy dan menscanner.
5. Pengambilan data hanya berlaku untuk data sekunder pasien

Dapat disampaikan bahwa untuk efektif dan efisien kegiatan tersebut, diharapkan kepada Saudara dapat membantu memberikan data / informasi yang diperlukan.

Demikian disampaikan untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya.

**DIREKTUR RSUD ARIFIN ACHMAD
PROVINSI RIAU,**


dr. H. NUZELLY HUSNEDI, MARS
Pembina Utama Muda
NIP: 19640202 198912 1 002



PEMERINTAH PROVINSI RIAU
RSUD ARIFIN ACHMAD

Jl. Diponegoro No. 2 Telp. (0761) - 23418, 21618, 21657, Fax (0761) - 20253
Pekanbaru



Nomor : 071 / DIKLIT – RSUD / 108
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Hal : Izin Penelitian

Pekanbaru, 22 September 2020
Kepada
Yth. Kepala Instalasi Radiologi
di -
Pekanbaru

Menindaklanjuti surat dari Ketua Program Studi DIII Teknik Radiologi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Awal Bros Pekanbaru, , Nomor : 198/C.1a/STIKes-ABP/D3/08.2020, tanggal 26 Agustus 2020 perihal izin penelitian untuk keperluan penyusunan Karya Tulis Ilmiah yaitu:

Nama : Yoga Saputra
NIM : 17002016
Program Studi : DIII. Teknik Radiologi
Judul : *Uji Kesesuaian Callimator Beam dengan berkas Sinar-X pada pesawat Sinar-X Diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.*

Dengan ini pihak RSUD Arifin Achmad dapat memberi Izin Penelitian dimaksud dengan ketentuan sbb:

1. Kepada yang bersangkutan tidak melakukan kegiatan yang menyimpang dari ketentuan yang telah ditetapkan.
2. Penelitian tidak melakukan tindakan teknis/medis secara langsung kepada responden (pasien).
3. Penelitian berlaku selama 3 (tiga) bulan terhitung dari tanggal penerbitan surat ini.

Dapat disampaikan bahwa untuk efektif dan efisien kegiatan tersebut, diharap kepada Saudara dapat membantu memberikan data / informasi yang diperlukan.

Demikian disampaikan untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya.

**DIREKTUR RSUD ARIFIN ACHMAD
PROVINSI RIAU,**

dr. H. NUZELLY HUSNEDI, MARS
Pembina Utama Muda
NIP: 19640202 198912 1 002



PEMERINTAH PROVINSI RIAU
RSUD ARIFIN ACHMAD

Jl. Diponegoro No. 2 Telp. (0761) - 23418, 21618, 21657, Fax (0761) - 20253
Pekanbaru



TERAKREDITASI PARIPURNA

Nomor : 075 / DIKLIT – RSUD / 076
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Hal : Selesai Penelitian

Pekanbaru, 05 Oktober 2020
Kepada
Yth. Ketua Program Studi
DIII Teknik Radiologi
STIKES Awal Bros Pekanbaru
di-
Pekanbaru

Dengan hormat,

Dengan ini disampaikan sebagai berikut :

Nama : Yoga Saputra
NIM : 17002016
Program Studi : DIII. Teknik Radiologi
Judul : *Uji kesesuaian Callimator Beam dengan berkas Sinar-X pada pesawat Sinar-X Diagnostik di Instalasi Rdaologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau.*

Telah selesai melaksanakan penelitian di RSUD Arifin Achmad dari tanggal 22 September s/d 25 September 2020.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

**DIREKTUR RSUD ARIFIN ACHMAD
PROVINSI RIAU,**


dr. H. NUZELLY HUSNEDI, MARS
Pembina Utama Muda
NIP: 19640202 198912 1 002

Tembusan Kepada Yth :

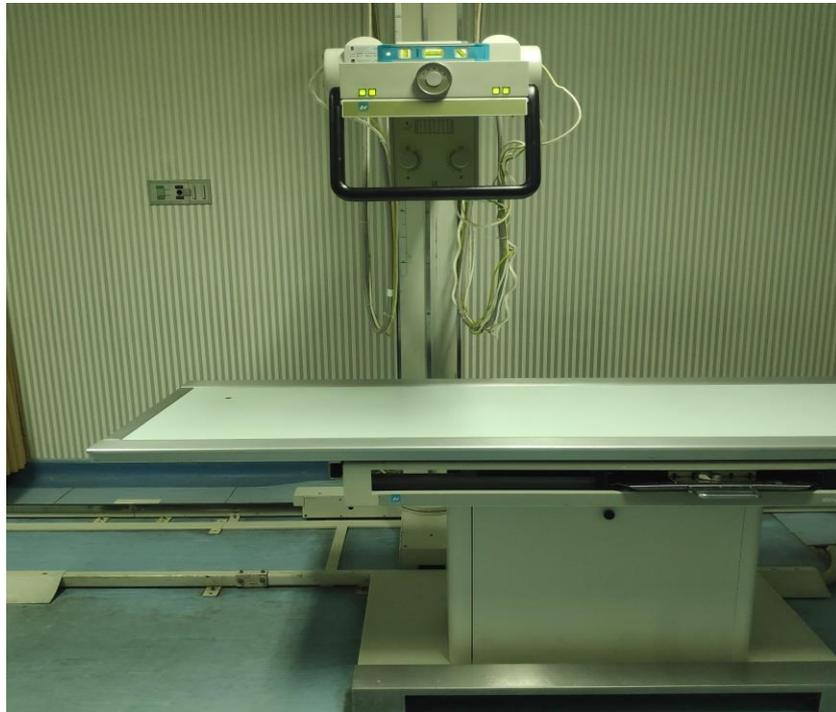
1. Wakil Direktur Keuangan
2. Wakil Direktur Medik dan Keperawatan
3. Arsip

INSTRUMEN PENELITIAN
UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS SINAR-X
PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI INSTALASI RADIOLOGI
RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI RIAU

Penyusun : Yoga Saputra

Nim : 17002016

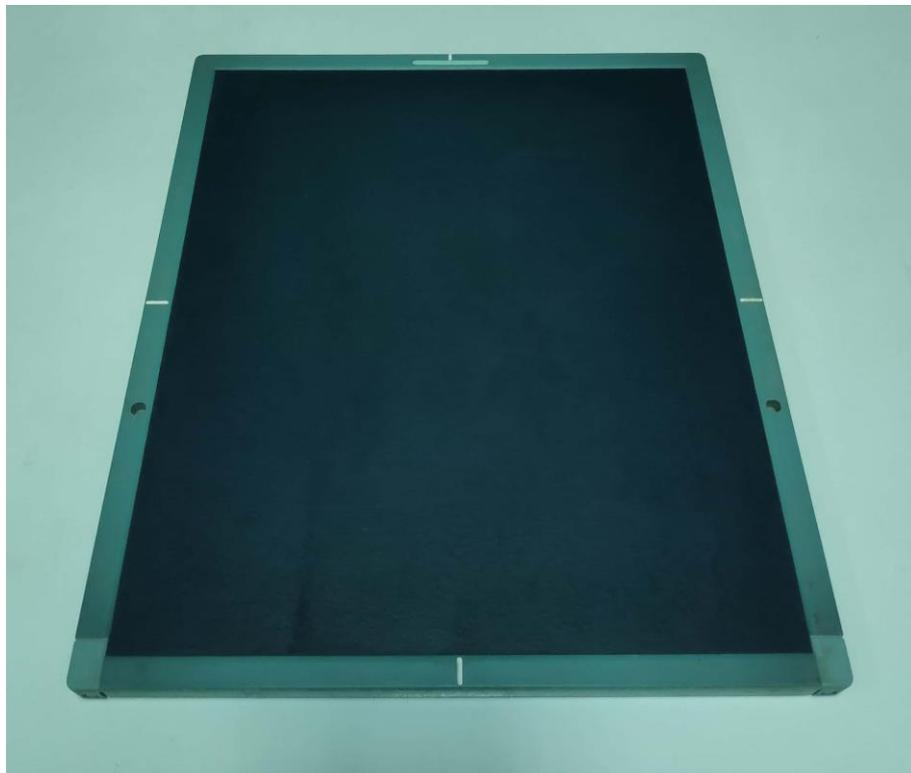
1. Pesawat sinar-X *Merk/Type: Villa Medial System/6100CRAD.*



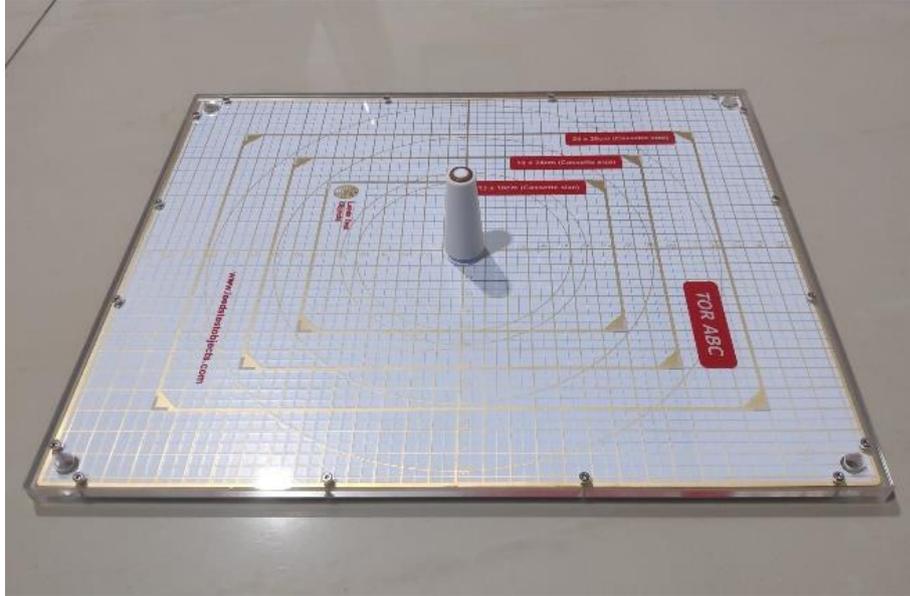
2. *Computed Radiography Merk/Type: Fuji Film/Capsula XL II.*



3. *Kaset CR Merk Fuji Film Ukuran 24x30.*



4. *Collimator Test Tool Merk/Type: Leeds Test Objects/TOR ABC.*



5. *Beam Alignment Test Tool*



6. *Waterpass Merk Great.*



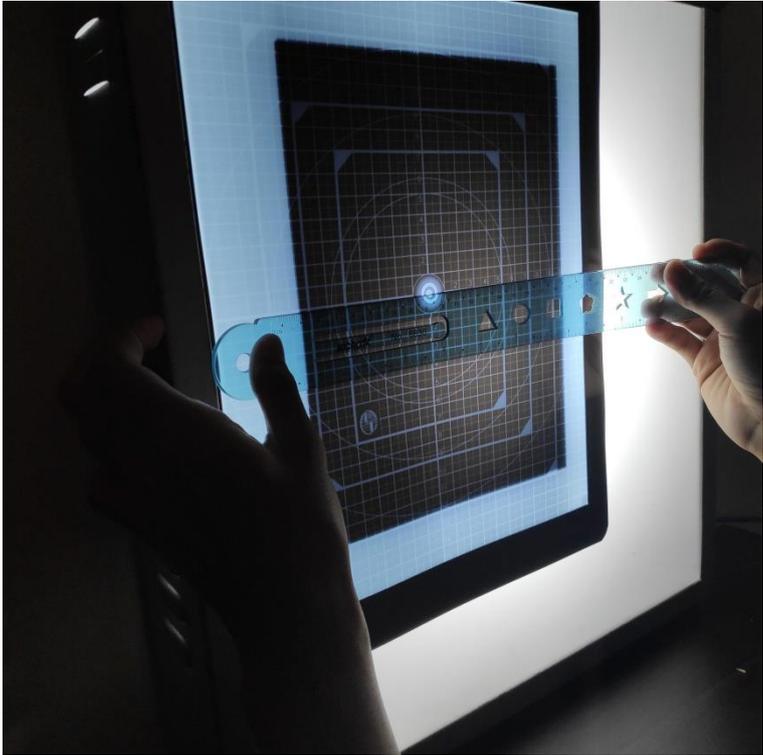
7. *Printer Merk/Type: Carestream/Dry View 5950 Laser Imager.*



8. Mistar *Merk Micro Star*.



9. *Viewing Box*



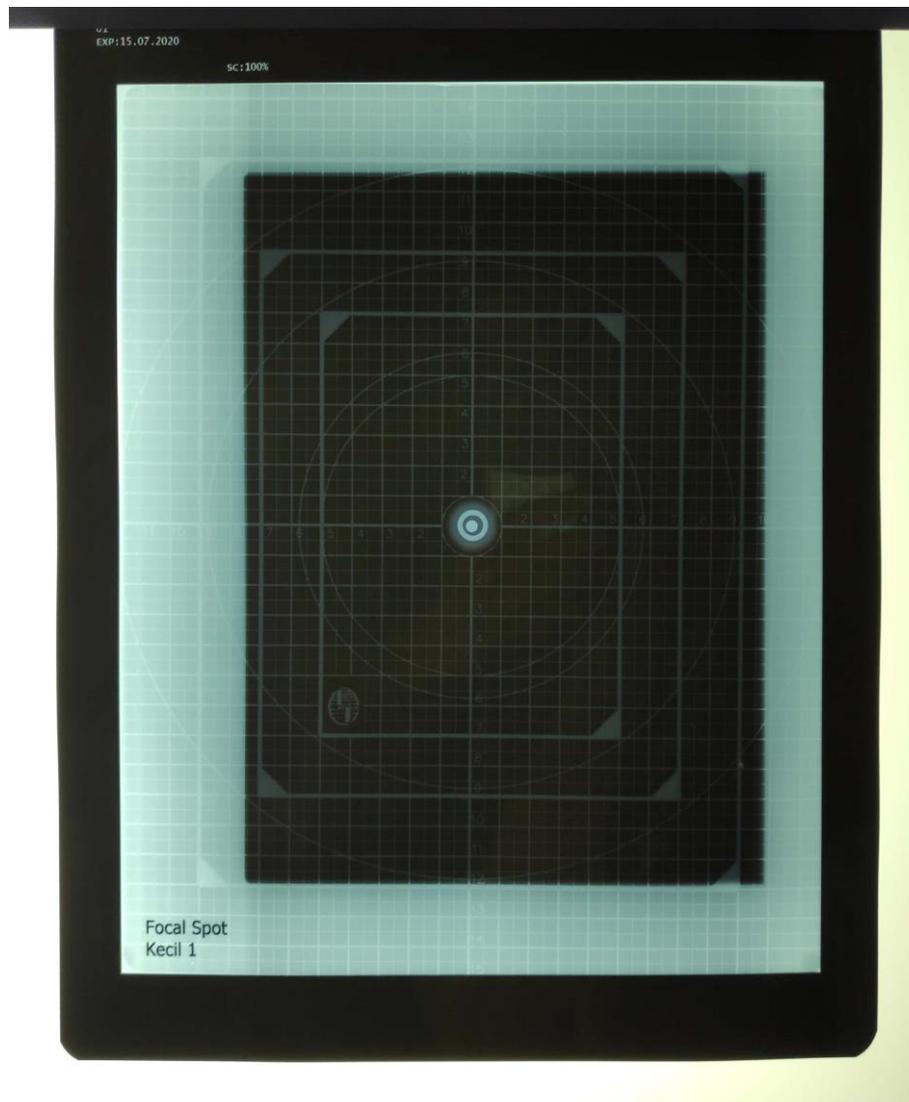
HASIL RADIOGRAF
UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS SINAR-X
PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI INSTALASI RADIOLOGI
RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI RIAU

Penyusun : Yoga Saputra

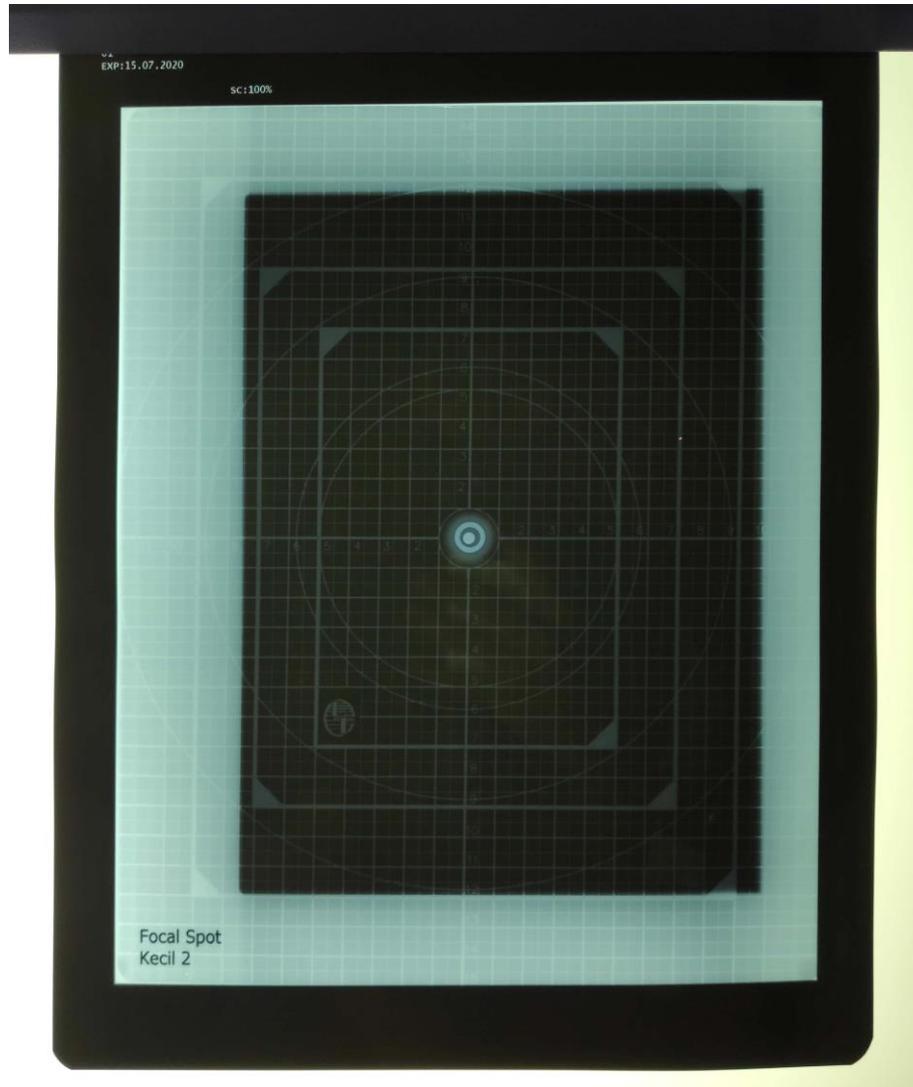
Nim : 17002016

A. Pengujian Dengan Menggunakan *Focal Spot* Kecil

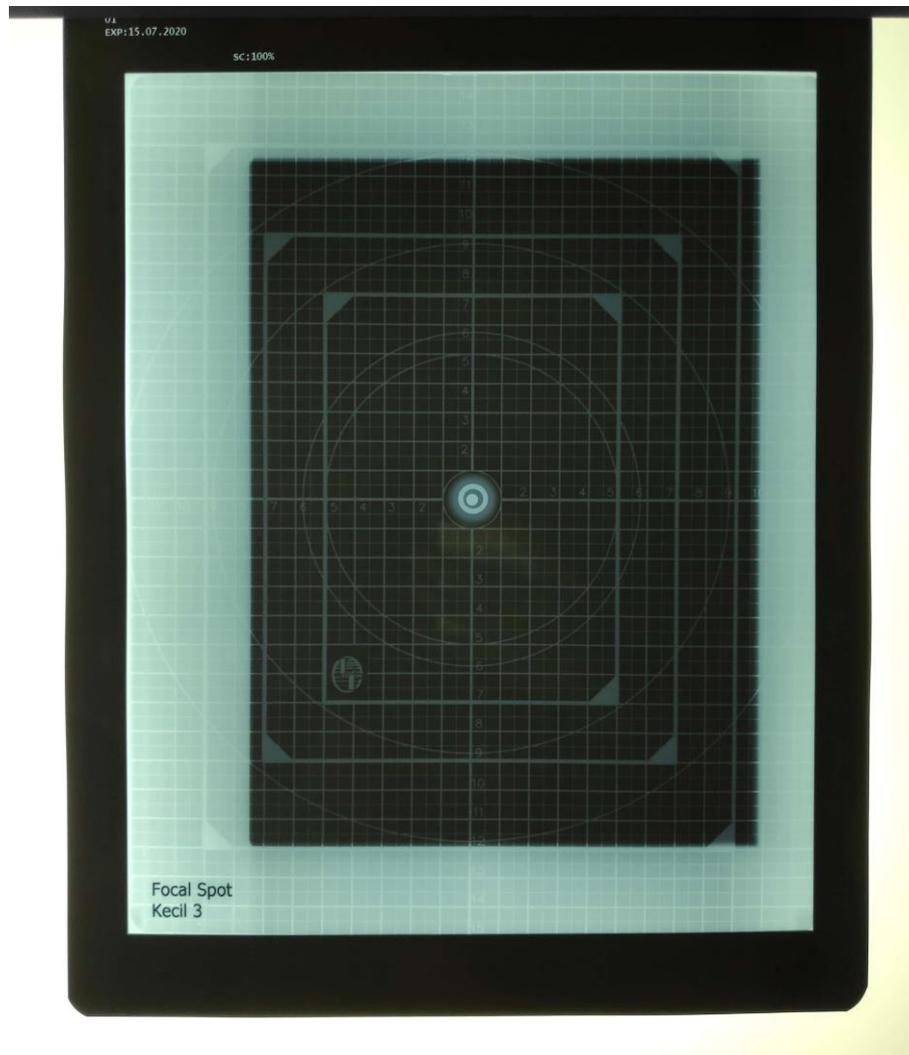
1. Pengujian Pertama



2. Pengujian Kedua

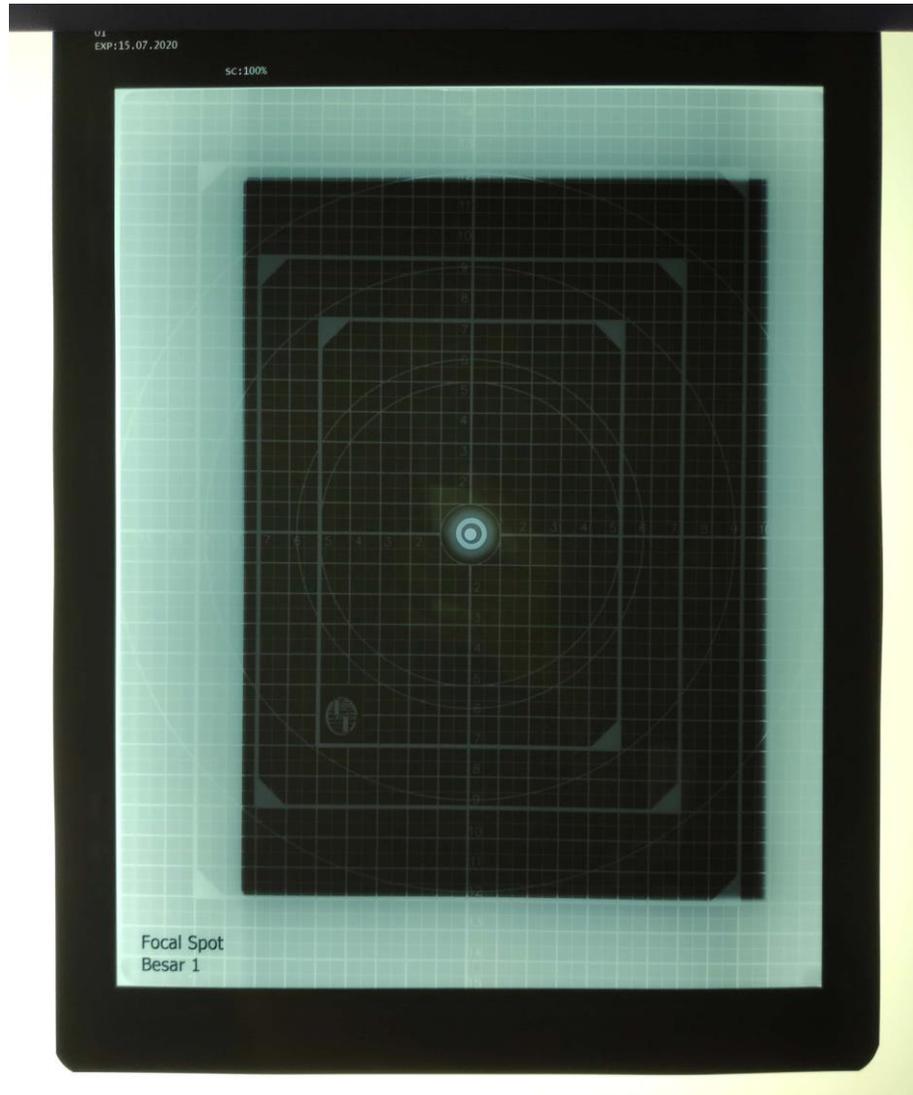


3. Pengujian Ketiga

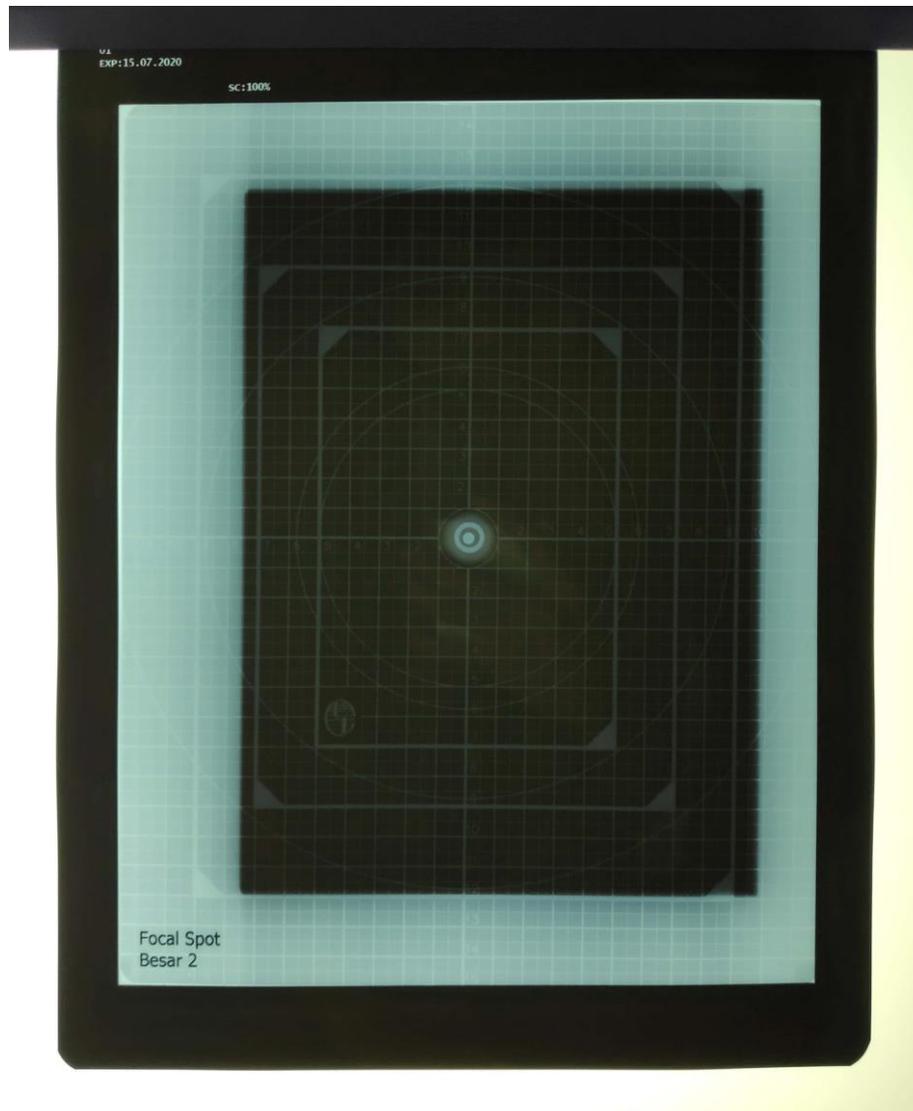


B. Pengujian Dengan Menggunakan *Focal Spot* Besar

1. Pengujian Pertama



2. Pengujian Kedua



3. Pengujian Ketiga



PENGOLAHAN DATA
UJI KESESUAIAN *COLLIMATOR BEAM* DENGAN BERKAS SINAR-X
PADA PESAWAT SINAR-X DIAGNOSTIK DI INSTALASI RADIOLOGI
RSUD ARIFIN ACHMAD PROVINSI RIAU

Penyusun : Yoga Saputra

Nim : 17002016

A. Pengujian Dengan Menggunakan *Focal Spot* Kecil

1. Pengujian Pertama

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_c1 = 9,00$ cm	$X_s1 = 7,50$ cm	X1 = 1,50 cm
$X_c2 = 9,00$ cm	$X_s2 = 9,75$ cm	X2 = 0,75 cm
$Y_c1 = 12,00$ cm	$Y_s1 = 11,65$ cm	Y1 = 0,35 cm
$Y_c2 = 12,00$ cm	$Y_s2 = 11,90$ cm	Y2 = 0,10 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100$ cm
$X1 + X2 \leq 2$ cm	$Y1 + Y2 \leq 2$ cm
$1,50 + 0,75 = 2,25$ cm	$0,35 + 0,10 = 0,45$ cm

2. Pengujian Kedua

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_c1 = 9,00$ cm	$X_s1 = 7,50$ cm	X1 = 1,50 cm
$X_c2 = 9,00$ cm	$X_s2 = 9,75$ cm	X2 = 0,75 cm
$Y_c1 = 12,00$ cm	$Y_s1 = 11,60$ cm	Y1 = 0,40 cm
$Y_c2 = 12,00$ cm	$Y_s2 = 11,90$ cm	Y2 = 0,10 cm

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$1,50 + 0,75 = 2,25 \text{ cm}$	$0,40 + 0,10 = 0,50 \text{ cm}$

3. Pengujian Ketiga

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_c1 = 9,00 \text{ cm}$	$X_s1 = 7,50 \text{ cm}$	$X1 = 1,50 \text{ cm}$
$X_c2 = 9,00 \text{ cm}$	$X_s2 = 9,75 \text{ cm}$	$X2 = 0,75 \text{ cm}$
$Y_c1 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_s1 = 11,60 \text{ cm}$	$Y1 = 0,40 \text{ cm}$
$Y_c2 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_s2 = 11,90 \text{ cm}$	$Y2 = 0,10 \text{ cm}$

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$1,50 + 0,75 = 2,25 \text{ cm}$	$0,40 + 0,10 = 0,50 \text{ cm}$

B. Pengujian Dengan Menggunakan *Focal Spot* Besar

1. Pengujian Pertama

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_C1 = 9,00 \text{ cm}$	$X_S1 = 7,50 \text{ cm}$	$X1 = 1,50 \text{ cm}$
$X_C2 = 9,00 \text{ cm}$	$X_S2 = 9,75 \text{ cm}$	$X2 = 0,75 \text{ cm}$
$Y_C1 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_S1 = 11,65 \text{ cm}$	$Y1 = 0,35 \text{ cm}$
$Y_C2 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_S2 = 11,90 \text{ cm}$	$Y2 = 0,10 \text{ cm}$

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$1,50 + 0,75 = 2,25 \text{ cm}$	$0,35 + 0,10 = 0,45 \text{ cm}$

2. Pengujian Kedua

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_C1 = 9,00 \text{ cm}$	$X_S1 = 7,55 \text{ cm}$	$X1 = 1,45 \text{ cm}$
$X_C2 = 9,00 \text{ cm}$	$X_S2 = 9,75 \text{ cm}$	$X2 = 0,75 \text{ cm}$
$Y_C1 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_S1 = 11,65 \text{ cm}$	$Y1 = 0,35 \text{ cm}$
$Y_C2 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_S2 = 11,90 \text{ cm}$	$Y2 = 0,10 \text{ cm}$

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$1,45 + 0,75 = 2,20 \text{ cm}$	$0,35 + 0,10 = 0,45 \text{ cm}$

3. Pengujian Ketiga

Pengukuran <i>Collimator Beam</i> (C)	Pengukuran Sinar-X (S)	Hasil Pengukuran (Selisih C dan S)
$X_C1 = 9,00 \text{ cm}$	$X_S1 = 7,60 \text{ cm}$	$X1 = 1,40 \text{ cm}$
$X_C2 = 9,00 \text{ cm}$	$X_S2 = 9,75 \text{ cm}$	$X2 = 0,75 \text{ cm}$
$Y_C1 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_S1 = 11,65 \text{ cm}$	$Y1 = 0,35 \text{ cm}$
$Y_C2 = 12,00 \text{ cm}$	$Y_S2 = 11,90 \text{ cm}$	$Y2 = 0,10 \text{ cm}$

Perhitungan Sumbu X	Perhitungan Sumbu Y
$X1 + X2 \leq 2\% \text{ FFD}$	$Y1 + Y2 \leq 2\% \text{ FFD}$
$X1 + X2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq \frac{2}{100} \times 100 \text{ cm}$
$X1 + X2 \leq 2 \text{ cm}$	$Y1 + Y2 \leq 2 \text{ cm}$
$1,40 + 0,75 = 2,15 \text{ cm}$	$0,35 + 0,10 = 0,45 \text{ cm}$

LEMBAR KONSUL PEMBIMBING I

Nama : Yoga Saputra
NIM : 17002016
Judul KTI : Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat *X-ray* Diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau
Nama Pembimbing I : Yoki Rahmat, M.Si

No	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	TTD
1	Selasa/3 Maret 2020	BAB I - Pengaturan jadwal bimbingan - Judul - Pemaparan isi proposal	
2	Sabtu/7 Maret 2020	BAB II - Prosedur penelitian - Tinjauan Pustaka - Penulisan - Pengukuran	
3	Kamis/12 Maret 2020	BAB III - Prosedur penelitian - Dasar teori - Penulisan	
4	Selasa/21 April 2020	ACC Proposal	
5	Selasa/9 Juni 2020	Pasca Seminar Proposal - ACC	
6	Jumat/24 Juli 2020	BAB IV dan BAB V - Pembahasan - Pengambilan data - Kesimpulan dan Saran	
7	Sabtu/25 Juli 2020	BAB IV - Pengolahan Data - Isi BAB IV - Penulisan	

8	Selasa/28 Juli 2020	BAB IV - Pengolahan Data	f
9	Rabu/29 Juli 2020	ACC KTI untuk sidang	f
10	Kamis/3 September 2020	- Penulisan - Hasil Penelitian	f
11	Jumat/11 September 2020	- Abstract - Penulisan	f
12	Kamis/8 Oktober 2020	ACC KTI	f

Pembimbing I



(Yoki Rahmat, M.Si)

LEMBAR KONSUL PEMBIMBING II

Nama : Yoga Saputra
NIM : 17002016
Judul KTI : Uji Kesesuaian *Collimator Beam* dengan Berkas Sinar-X pada Pesawat *X-ray* Diagnostik di Instalasi Radiologi RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau
Nama Pembimbing II : Marido Bisra, S.Tr. Rad

No	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	TTD
1	Selasa/3 Maret 2020	Bimbingan BAB I - Pengaturan waktu bimbingan - Judul - Pemaparan isi proposal	
2	Kamis/5 Maret 2020	Bimbingan BAB I - Susunan isi latar belakang - Alasan penelitian - Rumusan masalah - Manfaat	
3	Senin/9 Maret 2020	ACC BAB I	
4	Rabu/11 Maret 2020	Bimbingan BAB II - Susunan sub BAB - Sumber - Nomor halaman - Keterangan gambar - Kutipan	
5	Sabtu/21 Maret 2020	ACC BAB II	
6	Sabtu/4 April 2020	Bimbingan BAB I - III - Penulisan - Hipotesis - Susunan BAB III - Pengukuran	

7	Minggu/5 April 2020	Bimbingan BAB I - III - Penulisan - Susunan sub bab	
8	Senin/6 April 2020	Bimbingan BAB I - III - Penulisan	
9	Selasa/7 April 2020	Bimbingan - Melengkapi kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar table, daftar bagan, daftar singkatan dan daftar lampiran	
10	Kamis/9 April 2020	ACC Proposal	
11	Kamis/7 Mei 2020	Pasca Seminar Proposal - Konsultasi Latar Belakang - Perbaiki Definisi Operasional	
12	Senin/18 Mei 2020	Pasca Seminar Proposal - ACC	
13	Jum'at/17 Juli 2020	Bimbingan BAB IV – V - Sub BAB Pembahasan	
14	Sabtu/18 Juli 2020	Bimbingan BAB IV – V - Penulisan - Tabel Hasil Penelitian - Gambar Hasil Penelitian	
15	Senin/20 Juli 2020	Bimbingan BAB IV – V - Penulisan - Perbesar Gambar - Warna Tabel - Tambah Pembahasan	
16	Selasa/21 Juli 2020	Bimbingan BAB IV – V - Penulisan	
17	Rabu/22 Juli 2020	ACC KTI untuk Sidang	

18	Senin/31 Agustus 2020	- Abstract - Penulisan - BAB III	
19	Senin/31 Agustus 2020	ACC KTI	

Pembimbing II



(Marido Bisra, S.Tr. Rad)