

1. X-RAYS.
 2. RADIATION
- IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

TUGAS AKHIR
UJI PENGUKURAN KEAKURASIAN TEGANGAN
TABUNG (kV) DAN LINIERITAS OUTPUT RADIASI
DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SIDOARJO



KKA
KK
FK.R.77/14
Hid
u

- | | |
|----------------------------|-------------|
| 1. ARIF HIDAYAT | (011103003) |
| 2. ALVIAN FEBRYANTO | (011103005) |
| 3. KURNIA KANTHI NASTITI | (011103022) |
| 4. MAULUDINA JUWITANINGRUM | (011103046) |

PROGRAM STUDI DIPLOMA III RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA SURABAYA

2014

TUGAS AKHIR

**UJI PENGUKURAN KEAKURASIAN TEGANGAN TABUNG (kV)
DAN LINIERITAS OUTPUT RADIASI PADA PESAWAT
GENERAL X-RAY DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD**

SIDOARJO

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan
Studi Diploma III Radiologi Fakultas Kedokteran**

Universitas Airlangga Surabaya

PENYUSUN :

1. **ARIF HIDAYAT** (011103003)
2. **ALVIAN FEBRYANTO** (011103005)
3. **KURNIA KANTHI NASTITI** (011103022)
4. **MAULUDINA JUWITANINGRUM** (011103046)

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

2014

LEMBAR PENGESAHAN

**UJI PENGUKURAN KEAKURASIAN TEGANGAN TABUNG (kV)
DAN LINIERITAS OUTPUT RADIASI PADA PESAWAT
GENERAL X-RAY DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD
SIDOARJO**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan

Studi Diploma III Radiologi Fakultas Kedokteran

Universitas Airlangga Surabaya

Penyusun :

- | | |
|----------------------------|-------------|
| 1. Arif Hidayat | (011103003) |
| 2. Alvian Febryanto | (011103005) |
| 3. Kurnia Kanthi Nastiti | (011103022) |
| 4. Mauludina Juwitaningrum | (011103046) |

TUGAS AKHIR INI TELAH DISAHKAN

4 JUNI 2014

DOSEN PEMBIMBING

Budi Prijo Witjaksono, ST.,S.ST.,MM

NIP. 19690425 199703 1 007

Mengetahui,

Ketua Program Studi D III Radiologi

Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga


Dr. Hj. Anggraini Dwi Sensusiati, dr., Sp.Rad(K)

NIP. 19610912 19803 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas akhir ini disetujui pada 4 Juni 2014

Panitia Penguji

Ketua Penguji


Budi Prijo Witjaksono, ST., S.ST., MM

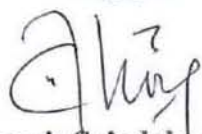
NIP. 19690425 199703 1 007

Penguji I


Pramono, S.ST

NIP 19690508 199203 1 006

Penguji II


Choironnis Sa'adah, Amd.Rad

NIP 199701209 199703 2 002

Mengetahui

**Ketua Program Studi DIII Radiologi
Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga**



Dr. Hj. Anggrani Dwi Sensusiati, dr., Sp.Rad(K)

NIP. 19610912 19803 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : 1. ARIF HIDAYAT (011103003)
2. ALVIAN FEBRYANTO (011103005)
3. KURNIA KANTHI NASTITI (011103022)
4. MAULUDINA JUWITANINGRUM (011103046)

Judul Tugas Akhir : UJI PENGUKURAN KEAKURASIAN TEGANGAN
TABUNG (kV) DAN LINIERITAS OUTPUT RADIASI
PADA PESAWAT GENERAL X-RAY DI INSTALASI
RADIOLOGI RSUD SIDOARJO

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.

Surabaya, 12 Mei 2014

Penulis I



Arif Hidayat

NIM. 011103003

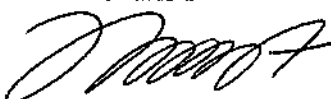
Penulis II



Alvian Febryanto

NIM. 011103005

Penulis III



Kurnia Kanthi Nastiti

NIM. 011103022

Penulis IV



Mauludina Juwitaningrum

NIM. 011103046

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan bimbingan-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Uji Pengukuran Keakurasian Tegangan Tabung (kV) dan Linieritas Output Radiasi pada Pesawat General X-ray di Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo”. Tugas akhir ini disusun dalam rangka mendapatkan gelar Ahli Madya Radiologi (Amd.Rad) pada Program Studi DIII Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.

Bersama ini perkenankan kami mengucapkan terima kasih pada pihak yang telah membanu dalam penyelesaian tugas akhir, khususnya kepada :

1. Kedua orang tua kami yang telah memberikan kasih sayang, semangat, motivasi dan doa demi kelancaran penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Agung Pranoto, dr., Sp.PD., K-EMD., FINASIM., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
3. Dr. Hj. Anggraini Dwi Sensusiaty, dr., Sp.Rad(K), selaku Kepala Program Studi DIII Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.
4. dr. Iriawati, Sp.Rad selaku Kepala Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo.
5. Bapak Adhi Artono, Amd Rad selaku Kepala Ruangan Radiologi.
6. Bapak Budi Prijo Witjaksono, ST.SS.T.MM, selaku dosen pembimbing penyusunan tugas akhir. Terima kasih atas ilmu, bimbingan dan waktu yang telah diluangkan dalam rangka menyelesaikan tugas akhir kami.
7. Bapak Pramono, S.ST, selaku penguji I tugas akhir. Terima kasih atas ilmu, bimbingan dan waktu yang telah diberikan dalam rangka penyempurnaan tugas akhir.
8. Ibu Chironis Sa’adah, Amd.Rad, selaku penguji II tugas akhir. Terimakasih atas ilmu dan waktu yang telah diberikan dalam rangka penyempurnaan tugas akhir.
9. Staf dan karyawan radiologi Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo yang telah membantu dalam kelancaran penelitian dan penyusunan tugas akhir.

10. Seluruh staf kesekretariatan Program studi DIII Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Terima kasih telah membantu dalam kelancaran penelitian dan penyusunan tugas akhir.
11. Teman seperjuangan D III Radiologi 2011 yang telah memberikan bantuan dan semangat selama penyusunan tugas akhir.
12. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan kepada kami dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas budi baik semua pihak yang telah memberikan kesempatan, dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna, tetapi penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi praktisi kesehatan di bidang Radiologi.

Surabaya, 12 Mei 2014

Penulis

DAFTAR ISI



HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
INTI SARI	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	3
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Sinar-X	5
2.1.2 Tabung Sinar-X	6
2.1.3 Proses Terjadinya Sinar-X	10
2.1.4 Prinsip Dasar Radiografi	10
2.1.5 Pesawat General X-ray	11

2.1.6 Jaminan Dan Kendali Kualitas (<i>Quality Assurance And Quality Control</i>).....	13
2.1.7 Uji Kesesuaian Tegangan Tabung (kV) Dan Linieritas Output Radiasi.....	14
2.1.8 Alat Ukur (<i>Multifunction Meters</i>)	16
2.2 Kerangka Konsep	17
2.3 Hipotesis	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	18
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	19
3.3 Prosedur Penelitian	23
3.4 Variabel Penelitian	25
3.5 Analisis Data	26
3.6 Tempat Dan Waktu Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian	28
4.2 Analisis Hasil Penelitian	34
4.3 Pembahasan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tabung Sinar-X.....	9
Gambar 2.2 <i>Tube Housing</i>	9
Gambar 2.3 Pesawat General X-ray Jenis <i>Fixed</i>	12
Gambar 2.4 Alat Ukur <i>Multifunction Meters</i>	16
Gambar 3.1 Pesawat general X-ray ruang rontgen 1	19
Gambar 3.2 Tabung Pesawat general X-ray ruang rontgen 1	20
Gambar 3.3 Pesawat general X-ray ruang rontgen 2	20
Gambar 3.4 Tabung Pesawat general X-ray ruang rontgen 2	21
Gambar 3.5 Pesawat general X-ray ruang rontgen 3	21
Gambar 3.6 Tabung pesawat general X-ray ruang rontgen 3	22
Gambar 3.7Alat Ukur Multifunction Meters	22
Gambar 3.8 Pengukuran dengan Multifunction Meters.....	23

DAFTAR TABEL

Tabel 3.6 Jadwal Penelitian	27
Tabel 4.1 Data Pengukuran Tegangan Tabung (kV) Ruang Rontgen 1	28
Tabel 4.2 Data Pengukuran Linieritas Output Radiasi Ruang Rontgen 1	29
Tabel 4.3 Data Pengukuran Tegangan Tabung (kV) Ruang Rontgen 2	30
Tabel 4.4 Data Pengukuran Linieritas Output Radiasi Ruang Rontgen 2	31
Tabel 4.5 Data Pengukuran Tegangan Tabung (kV) Ruang Rontgen 3	32
Tabel 4.6 Data Pengukuran Linieritas Output Radiasi Ruang Rontgen 3	33
Tabel 4.7 Data Rata-rata Pengukuran Output kV	34
Tabel 4.8 Data Rata-rata Pengukuran Linearitas Output	35
Tabel 4.9 Data Nilai Output (X)	37
Tabel 4.10 Data Rata-rata Pengukuran Output kV	37
Tabel 4.11 Data Rata-rata Pengukuran Linearitas Output	39
Tabel 4.12 Data Nilai Output (X)	40
Tabel 4.13 Data Rata-rata Pengukuran Output kV	41
Tabel 4.14 Data Rata-rata Pengukuran Linearitas Output	43
Tabel 4.15 Data Nilai Output (X)	44
Tabel 4.16 Data nilai penyimpangan kV ruang rontgen 1	45
Tabel 4.17 Data nilai penyimpangan kV ruang rontgen 2	45
Tabel 4.18 Data nilai penyimpangan kV ruang rontgen 3	46
Tabel 4.19 Data Nilai koefisien Linieritas	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Sertifikat Kalibrasi Pesawat General X-Ray Ruang Rontgen	50
Lampiran 2	Sertifikat Kalibrasi Pesawat General X-Ray Ruang Rontgen 2	51
Lampiran 3	Sertifikat Kalibrasi Pesawat General X-Ray Ruang Rontgen 3	52
Lampiran 4	Sertifikat Kalibrasi Alat <i>Multifunction Meters</i>	53
Lampiran 5	Perka Bapeten No. 9 Tahun 2011.....	55

INTISARI

UJI PENGUKURAN KEAKURASIAN TEGANGAN TABUNG (kV) DAN LINIERITAS OUTPUT RADIASI PADA PESAWAT GENERAL X-RAY DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SIDOARJO

Arif Hidayat ; Alvian Febryanto ; Kurnia Kanthi Nastiti ; Mauludina Juwitaningrum

Telah dilakukan penelitian uji pengukuran keakurasian tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi pada pesawat general X-ray di instalasi radiologi RSUD Sidoarjo. Kegiatan uji kesesuaian ini merupakan kegiatan wajib dalam menjaga performa alat-alat radiologi terutama pesawat general X-ray yang sering digunakan dalam kegiatan radiografi. Penelitian ini dilakukan untuk menguji keakurasian tegangan tabung dan linieritas output radiasi pada pesawat general X-ray yang mengalami keterlambatan pengujian selama satu tahun dan mengalami perbaikan pada komponen alatnya.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan melakukan pengujian tegangan tabung dan linieritas output radiasi secara non invasif dan melakukan pengulangan pengujian sebanyak tiga kali pada setiap kondisi yang di setting pada control table alat, guna mendapatkan nilai terukur yang akan digunakan dalam perhitungan keakurasian tegangan tabung dan linearitas output radiasi.

Pesawat general X-ray di Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo mengalami keterlambatan pengujian selama satu tahun dan mengalami perbaikan pada komponen alatnya. Namun, setelah dilakukan pengujian terhadap pesawat tersebut mengalami penyimpangan tetapi tidak melewati batas toleransi yang di tetapkan di KEMENKES NO. 1250 / MENKES / SK / XII / 2009.

Kata Kunci : kV, linieritas, keakurasian

ABSTRACT

MEASUREMENT ACCURACY TEST TUBE VOLTAGE (kV) AND LINEARITY OUTPUT RADIATION ON GENERAL PLANE X-RAY IN THE INSTALLATION OF RADIOLOGY HOSPITAL SIDOARJO

Arif Hidayat ; Alvian Febryanto ; Kurnia Kanthi Nastiti ; Mauludina Juwitaningrum

A research test the accuracy of the measurement of tube voltage (kV) and the linearity of the output radiation on the general plane X-rays in hospital radiology installations Sidoarjo. This conformance test activities is mandatory activities in maintaining the performance of radiology equipment, especially general X-ray plane radiography is often used in the activity. This study was conducted to test the accuracy and *linearity* of the output voltage of the tube radiation on the general plane of X-ray testing has been delayed for a year and an improvement on the appliance components.

This research is an experimental study to test the *linearity* of the output voltage of the tube and the radiation is non-invasive and do repetitions testing three times in each condition in the control table setting tool, in order to obtain the measured value to be used in the calculation accuracy and linearity of the output voltage of the tube radiation.

General plane X-ray in Sidoarjo Hospital Radiology delayed testing for one year and an improvement on the appliance components. However, after testing on the aircraft but did not pass the irregularities in the set tolerance limits in KEMENKES NO. 1250 / MENKES / SK / XII / 2009.

Keyword : kV, *linearity*, accuracy

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 LATAR BELAKANG

Ilmu pengetahuan di bidang kedokteran saat ini semakin berkembang dengan ditemukannya alat dan metode yang dapat digunakan untuk menegakkan diagnosa terhadap penderita penyakit yang dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah pemeriksaan secara radiologi.

Radiologi merupakan salah satu unit penunjang yang memanfaatkan penggunaan radiasi pengion khususnya sinar-X untuk menegakkan diagnosa suatu penyakit. Hasil dari pelayanan radiologi akan menentukan diagnosa penyakit pasien sehingga dapat ditentukan perencanaan pengobatan bagi pasien dengan lebih akurat, tepat dan optimal.

Sarana dan prasarana yang digunakan dalam bidang radiologi antara lain adalah pesawat X-ray, kaset, film, alat prosesing dan kamar gelap. Sarana dan prasarana tersebut harus diperhatikan kualitas dan keamanannya demi keselamatan pasien dan radiografer terutama pesawat X-ray yang merupakan komponen utama dalam bidang radiologi.

Radiografer sebagai tenaga kesehatan yang bertugas dan bertanggung jawab dalam melakukan kegiatan radiografi dengan pemanfaatan radiasi di instalasi radiologi harus mampu menjamin kualitas dan keamanan pesawat X-ray sehingga dapat memberikan pelayanan kesehatan di bidang radiologi yang aman bagi pasien, radiografer dan lingkungan.

Keselamatan pasien (*patient safety*) harus diperhatikan dengan cermat karena pasien akan menerima radiasi dengan dosis tertentu tergantung dari jenis pemeriksaan yang dilakukan. Untuk itu operator dalam hal ini seorang radiografer harus memberikan radiasi yang sekecil mungkin tanpa mengurangi keakurasian hasil radiografi. Untuk itu alat atau pesawat sinar-X yang digunakan harus dalam kondisi yang baik. Jika alat dalam kondisi yang kurang baik, kemungkinan radiasi yang dihasilkan pesawat menjadi lebih banyak atau lebih sedikit dari yang sudah diinputkan sehingga dosis yang diterima pasien melebihi dari yang seharusnya. Hal ini dikarenakan jika output radiasi tidak sesuai dengan apa yang diinput maka hasil radiografi yang dihasilkan tidak optimal sehingga harus dilakukan pengulangan pemeriksaan yang sangat merugikan pasien karena terlalu banyak mendapat radiasi. Oleh karena itu, alat yang dipakai harus tetap stabil dan dalam performa yang baik atau sesuai standar yang ada.

Pengujian alat ditujukan pada performa alat radiografi yang selalu digunakan terus menerus karena kebutuhan diagnosis menggunakan sinar-X juga meningkat. Alat-alat tersebut harus tetap stabil dalam penggunaannya guna keselamatan pasien (*patient safety*). Perlu adanya standarisasi alat sesuai dengan apa yang ada didalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik bahwa alat-alat radiografi harus diuji kesesuaiannya seperti pesawat general X-ray. Pesawat general X-ray perlu dilakukan uji kesesuaian dalam jangka waktu 2 tahun sekali atau pada saat alat dipasang baru dan selesai perbaikan atau pemindahan lokasi.

Pesawat general X-ray yang ada di RSUD Sidoarjo telah mengalami perbaikan pada komponen alatnya, untuk itu pesawat general X-ray tersebut harus dilakukan uji kesesuaian untuk mengetahui kondisi setelah perbaikan. Selain itu, pesawat X-ray di RSUD Sidoarjo mengalami keterlambatan pengujian selama 1 tahun.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti membuat sebuah penelitian dengan melakukan uji pengukuran keakurasian tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi pada pesawat general X-ray dengan harapan dapat mengetahui *performance* pesawat general X-ray tersebut.

1.2 BATASAN MASALAH

Uji pengukuran keakurasian tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi pada pesawat general X-ray di instalasi radiologi RSUD Sidoarjo.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Bagaimana *performance* uji pengukuran keakurasian tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi pada pesawat general X-ray yang mengalami keterlambatan pengujian selama 1 tahun dan mengalami perbaikan di Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Untuk mengetahui *performance* pesawat general X-ray dengan uji pengukuran keakurasian tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi pada pesawat general X-ray yang belum di uji selama 1 tahun dan mengalami perbaikan di Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

1.5.1 Teoritis

Dapat menjelaskan tentang pelaksanaan kegiatan kendali mutu (*Quality Control*) pada peralatan radiodiagnostik khususnya pada pesawat general X-ray dan mengetahui cara melakukan uji kesesuaian terhadap pesawat general X-ray serta mengetahui kondisi pesawat general X-ray setelah dilakukan pengukuran.

1.5.2 Institusi

Dapat memberikan masukan pada Instalasi Radiologi tentang pentingnya kegiatan uji kesesuaian pada pesawat general X-ray yang merupakan salah satu kegiatan kendali mutu (*Quality Control*) peralatan radiodiagnostik sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250/MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik.

1.5.3 Penulis

Dapat menambah pengetahuan penulis tentang proses kendali mutu (*Quality Control*) alat-alat radiografi yaitu pesawat general X-ray khususnya dalam kegiatan pengukuran tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi sehingga pesawat tersebut aman bagi pasien, radiografer dan lingkungan sekitar.

Sebagai acuan untuk persyaratan menyelesaikan perkuliahan Program Studi Diploma III Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

2.1.1 SINAR-X

Sinar-X ditemukan pertama kali oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 sewaktu melakukan eksperimen dengan sinar katoda. Saat itu ia melihat adanya sinar *fluoresensi* pada kristal *Barium Planitosianida* dalam tabung *Gookes Hitrof* yang dialiri listrik. Tidak lama kemudian ditemukanlah bahwa sinar tersebut adalah sinar baru atau sinar-X. Sinar-X merupakan pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, panas, cahaya, dan sinar ultraviolet, akan tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek yaitu 1/10.000 dari panjang gelombang cahaya yang kelihatan. Sinar-X dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Sinar-X Karakteristik, adalah perpindahan elektron yang terjadi setelah peristiwa eksitasi pada saat menumbuk target sehingga memancarkan energi berbentuk gelombang elektromagnetik dalam waktu yang singkat.
2. Sinar-X *Bremstrahlung*, adalah sinar-X yang terjadi dikarenakan radiasi partikel bermuatan (beta atau elektron) yang dibelokkan atau dipantulkan oleh inti atom ketika memasuki atom tersebut, sehingga menghasilkan pancaran energi berbentuk gelombang elektromagnetik.

2.1.2 TABUNG SINAR-X

Tabung Sinar-X meliputi :

1. Katoda

Merupakan sisi negatif dari tabung sinar-X sebagai sumber elektron yang memiliki dua bagian utama yaitu : (a) *Filamen* : Kabel *koil* yang memiliki diameter sekitar 2 mm dan panjang antar 1-2 cm. *Filamen* biasanya terbuat dari *tungsten thoriated* yang memiliki titik lebur yang tinggi. Pada *filamen* inilah terjadi emisi elektron akibat pemanasan filamen. ; (b) *Focussing Cup* : Merupakan tempat filamen yang terbuat dari bahan metal. Semua elektron dipercepat gerakannya dari katoda ke anoda yang merupakan elektrik negatif. *Focussing cup* bermuatan negatif sehingga cenderung untuk menyingkat berkas elektron pada anoda.

2. Anoda

Merupakan sisi positif dari tabung sinar-X sebagai sasaran atau target yang akan ditembaki oleh elektron yang dilengkapi dengan bidang fokus. Permukaan anoda membentuk sudut dengan kemiringan 45° . Kemiringan tersebut bertujuan untuk mendapatkan *focus* efektif sehingga sinar-X yang keluar dari tabung dapat terarah sempurna. Biasanya terbuat dari *tungsten* (no. atom 74) atau *alloy tungsten dan rhenium*.

3. Tabung gelas

Tabung gelas ini digunakan sebagai isolator antara Anoda dan Katoda yang berada didalam ruangan hampa udara Tabung gelas ini memiliki umur tertentu.

4. Rumah/wadah tabung

Rumah/wadah tabung ini berguna sebagai penahan radiasi yang biasanya terbuat dari Pb atau Uranium susut kadar. Di dalam rumah/wadah tabung terdapat minyak yang berguna sebagai pendingin. Terdapat juga alat pembatas sinar-X seperti *multiplane* atau *double-leaf diaphragma* atau conus yang *radio-opaque*.

5. Tegangan listrik (kV)

Tegangan listrik (kV) adalah satuan beda potensial yang diberikan antara katoda dan anoda didalam tabung *Roentgen*. kV atau Tegangan listrik akan menentukan kualitas sinar-X dan daya tembus sinar-X, semakin tinggi besaran tegangan listrik yang di gunakan semakin besar pula daya tembusnya.

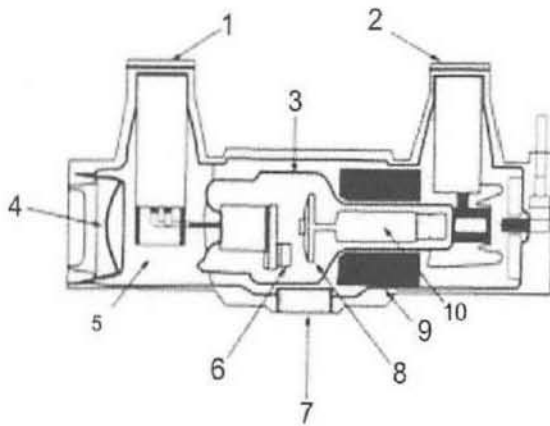
Dalam menentukan tegangan listrik sebaiknya menggunakan tegangan optimal yang mampu menghasilkan detail obyek tampak jelas. Hal-hal yang mempengaruhi tegangan tabung adalah : Jenis pemotretan, ketebalan objek, jarak pemotretan, dan perlengkapan yang digunakan.

Efek yang terjadi sehubungan dengan kenaikan tegangan listrik (kV) adalah : Energi radiasi sinar-X akan meningkat, sehingga densitas

pada film akan meningkat ; mengurangi kontras obyek ; dan mengurangi dosis radiasi pada kulit sedangkan pada organ meningkat.

6. Arus dan waktu (mAs)

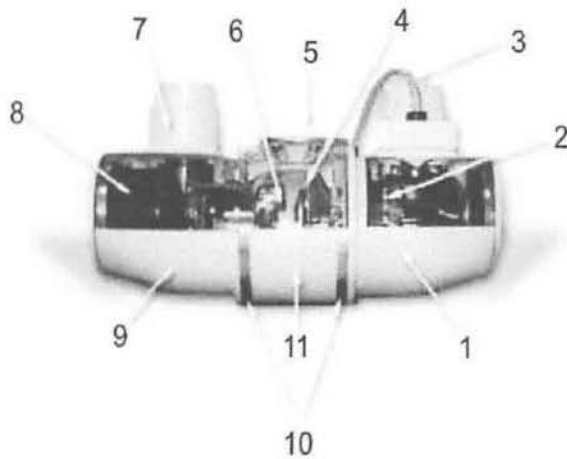
Arus dan waktu adalah perkalian arus listrik (mA) dan waktu exposi (s), yang mana besaran arus ini menentukan kuantitas radiasi. Arus tabung dalam besaran mA berasal dari pemanasan filamen, jika pemanasan filamen ditingkatkan maka arus dalam tabung sinar-X juga meningkat. Dengan peningkatan arus akan menambah intensitas sinar-X dan penurunan arus akan mengurangi intensitas, sehingga semua intensitas sinar-X atau derajat terang/*brightness* akan bertambah sesuai dengan peningkatan intensitas radiasi sinar-X di titik fokus. Oleh sebab itu, derajat terang dapat diatur dengan mengubah arus. Intensitas sinar-X yang bervariasi akan terus membawa hubungan yang sama antara satu dengan yang lainnya. Dalam setiap pemotretan pada berbagai bagian tubuh mempunyai besaran arus dan waktu tertentu. Pada dasarnya arus tabung yang dipilih adalah pada mA yang paling tinggi yang dapat dicapai oleh pesawat, agar waktu exposi dapat sesingkat mungkin, sehingga dapat mencegah kekaburan gambar yang disebabkan oleh pergerakan. Waktu exposi yang relatif panjang digunakan pada teknik pemeriksaan yang khusus misalnya tomografi.



Gambar 2.1 Tabung Sinar-X

Keterangan :

1. cable sockets
2. cable sockets
3. x-ray tube insert
4. expansion bellows
5. transformer oil
6. cathode
7. output port
8. anode
9. stator windings
10. anode rotor



Gambar 2.2 Tube Housing

Keterangan :

1. anode end (+)
2. stator
3. stator core
4. glass insert
5. port
6. filaments/focal sport
7. horn
8. expansion bellow
9. anode end (-)
10. trnusion area
11. Target

2.1.3 PROSES TERJADINYA SINAR-X

1. Arus listrik (mA) akan memanaskan filamen sehingga akan terjadi awan elektron disekitar *filament* (proses *emisi termionik*). Untuk mengarahkan pergerakan elektron-elektron (berkas elektron) menuju target menggunakan *focusing cup*.
2. Tegangan (kV) di antara katoda (*negative*) dan anoda (*positif*) akan mempercepat gerakan elektron-elektron ke anoda.
3. Ketika berkas elektron menumbuk target akan terjadi proses eksitasi (peristiwa elektron pindah darisuatu lintasan ke lintasan lain yang lebih luar sehingga atom menjadi atom yang tereksitasi) pada atom-atom target, sehingga akan dipancarkan sinar-X karakteristik, dan pembelokan atau pemantulan electron sehingga akan dipancarkan sinar-X *Bremstrahlung*.
4. Berkas sinar-X yang dihasilkan yaitu sinar-X yang keluar dari tabung melalui *window* atau jendela.

2.1.4 PRINSIP DASAR RADIOGRAFI

Bahan fotografi yang rentan terhadap cahaya, juga rentan terhadap sinar-X. Bila sinar-X dilewatkan ke tubuh, maka sebagian diserap dan sebagian lainnya dapat menembus bahan, tergantung dari : Daya tembus sinar-X, No. atom, kepadatan, dan ketebalan.

Satu hal yang harus dipahami bahwa tubuh manusia mempunyai susunan yang kompleks yang tidak hanya mempunyai perbedaan pada tingkat kepadatan tetapi juga mempunyai perbedaan unsur pembentuknya. Hal ini

menyebabkan terjadinya perbedaan tingkat penyerapan sinar-X. Tulang lebih banyak menyerap sinar-X dibanding otot atau daging; dan otot atau daging lebih banyak menyerap dibanding udara (paru-paru).

Selain itu, struktur organ yang sakit akan terjadi perbedaan penyerapan sinar-X dibandingkan dengan penyerapan oleh daging dan tulang yang normal, serta umur pasien juga mempengaruhi penyerapan. Bahan (obyek) yang mudah ditembus sinar-X (seperti otot, lemak, dan jaringan lunak) akan meneruskan banyak sinar-X yang disebut *radio-luscent* yang dapat menghitamkan film. Sedangkan bahan/obyek yang sulit ditembus sinar-X (seperti tulang) akan menahan seluruh atau sebagian besar sinar-X sehingga tidak ada atau sedikit sinar-X yang keluar yang biasanya disebut *radio-opaque* yang dapat memberikan gambaran putih pada film. Bahan (obyek) yang sulit ditembus sinar-X mengalami atenuasi yaitu berkurangnya *energy* yang menembus bahan, yang tergantung pada nomor atom, jenis obyek, dan ketebalan.

2.1.5 PESAWAT GENERAL X-RAY

Pesawat general X-ray adalah pesawat yang paling lama dan paling umum digunakan pertama kali untuk pemeriksaan diagnostik. Biasanya general X-ray digunakan untuk pemeriksaan diagnostik yang pertama yaitu foto plain (foto polos). Selain karena pemeriksaan dengan general X-ray ini merupakan pemeriksaan yang *non-invasive* dan cepat, pemeriksaan dengan general x-ray ini juga relatif tidak mahal. General X-ray telah digunakan selama lebih dari satu

abad untuk menghasilkan gambar diagnostik tubuh manusia dalam film, dan yang paling baru, digital di layar komputer.



Gambar 2.3 Pesawat General X-ray jenis *fixed*

Pesawat general X-ray mempunyai beberapa komponen yaitu, sebagai berikut :

- *HTT* : penghasil tegangan yang di butuhkan untuk proses penyinaran (untuk menghasilkan sinar-X).
- *X-Ray Tube* : tempat terjadinya sinar-X.
- *Treatment Table* : tempat pasien yang akan diperiksa.
- *Colimator* : bagian yang membatasi luas daerah penyinaran.
- *Control Console* : bagian tempat pengaturan fungsi penyinaran.
- *Image Intensifier* : tempat proses pengolahan gambar.
- *Monitor* : untuk melihat gambar yang telah di proses.



2.1.6 JAMINAN DAN KENDALI KUALITAS (QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL)

Jaminan Kualitas (*Quality Assurance*) didefinisikan sebagai prosedur atau set prosedur yang dimaksudkan untuk memastikan bahwa suatu produk atau jasa dalam pengembangannya telah memenuhi persyaratan tertentu. Kendali Kualitas (*Quality Control*) adalah suatu prosedur atau set prosedur yang dimaksudkan untuk memastikan bahwa produk yang diproduksi atau layanan dilakukan mematuhi yang ditetapkan seperangkat kriteria kualitas atau memenuhi persyaratan klien atau pelanggan. Kendali kualitas (*Quality Control*) adalah serupa akan tetapi tidak identik dengan, jaminan kualitas (*Quality Assurance*).

Jaminan Kualitas (*Quality Assurance*) dan Kendali Kualitas (*Quality Control*) berkembang secara cepat sejak diterbitkannya rekomendasi untuk program menjaga kualitas fasilitas *diagnostic imaging* (Bureau of Radiological Health, 1980), dikatakan oleh *The Joint Commission On The Accreditation of Hospital* (JCHA) bahwa “Salah satu tanggung jawab pelayanan unit radiologi adalah menjaga Kendali Kualitas (*Quality Control*) yang bertujuan meminimalisir faktor pengulangan citra radiografi dan memaksimalkan kualitas citra radiografi”.

Deskripsi lain menyatakan bahwa Jaminan Kualitas (*Quality Assurance*) terdiri dari beberapa program, antara lain: kendali kualitas (*Quality control*), perawatan berkala (*preventive maintenance*), kalibrasi (*equipment calibration*), pendidikan bagi radiographer dan petugas kamar gelap (*in service*

education of the technologists and darkroom personel), uji coba alat baru (*specification and acceptance testing of view equipment*), dan evaluasi produk baru (*evaluation of new product*). Maka dapat diambil kesimpulan bahwa jaminan kualitas (*Quality assurance*) merupakan keseluruhan dari program manajemen.

Setiap Instalasi diharuskan membuat program jaminan kualitas bagi instalasi yang mempunyai potensi dampak radiologi tinggi untuk kegiatan perencanaan, pembangunan, pengoperasian, dan perawatan instalasi, serta pengelolaan limbah radioaktif. Program jaminan kualitas tersebut kemudian disampaikan ke Badan Pengawas agar disetujui. Badan Pengawas melakukan inspeksi dan audit selama pelaksanaan program jaminan kualitas untuk menjamin efektifitas pelaksanaannya.

2.1.7 UJI KESESUAIAN TEGANGAN TABUNG (kV) DAN LINIERITAS OUTPUT RADIASI

Penelitian ini berkaitan dengan pengukuran ketepatan nilai input tegangan listrik tabung (kV) dan linieritas output radiasi terhadap nilai output / keluaran radiasi. Untuk menguji kesesuaian kondisi ini diperlukan alat ukur yang bisa memberikan hasil angka dengan cara mengekspose alat ukur tersebut tepat di bawah kolimator tabung sinar-X sehingga bisa diketahui tegangan (kV) dan linieritas output radiasi yang keluar dari tabung tersebut. Pesawat sinar-X dikatakan stabil apabila memiliki nilai tegangan masukan di kontrol panel sama dengan nilai tegangan output dari detektor atau terdapat selisih nilai tegangan

sehingga tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan. Adapun toleransi perbedaan tegangan tersebut yaitu pada batasan $\pm 6.0 \%$. Dengan demikian nilai tegangan yang dihasilkan oleh detektor berada dalam batasan yang dapat diterima. Sedangkan untuk linieritas output radiasi mempunyai batas toleransi ≤ 0.1 . (Sumber : Kemenkes RI Nomor 1250 /MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik).

Pengukuran dilakukan pada tiga pesawat general X-ray dimana terdapat variabel yang sama yaitu jarak *expose* (FFD) yaitu dengan jarak 100 cm serta waktu *expose* (sekon) yaitu dengan waktu 10 ms yang akan diuji pada kondisi tegangan (kV) dan arus tabung (mA) yang berbeda selama beberapa kali *expose* guna mendapatkan hasil yang lebih akurat. Hasil tersebut akan dikalkulasi untuk mencari hasil rerata dari masing-masing pesawat. Apabila hasil yang didapatkan antara masukan tegangan listrik tabung (kV) dan arus tabung (mA) terhadap keluaran radiasi tabung sesuai atau tidak, maka dapat diketahui terjadi penyimpangan pada proses didalam tabung saat proses radiasi. Oleh karena itu, dapat membuat keluaran radisi lebih tinggi daripada masukannya atau terjadi sebaliknya karena tegangan tabung (kV) dan arus tabung (mA) meningkat atau menurun. Kemungkinan yang terjadi adalah radiasi yang dikeluarkan menjadi lebih banyak atau sedikit dari masukan yang di atur pada *control table* pesawat general X-ray dan bisa dikatakan bahwa alat tersebut tidak berjalan sesuai standar mutu alat.

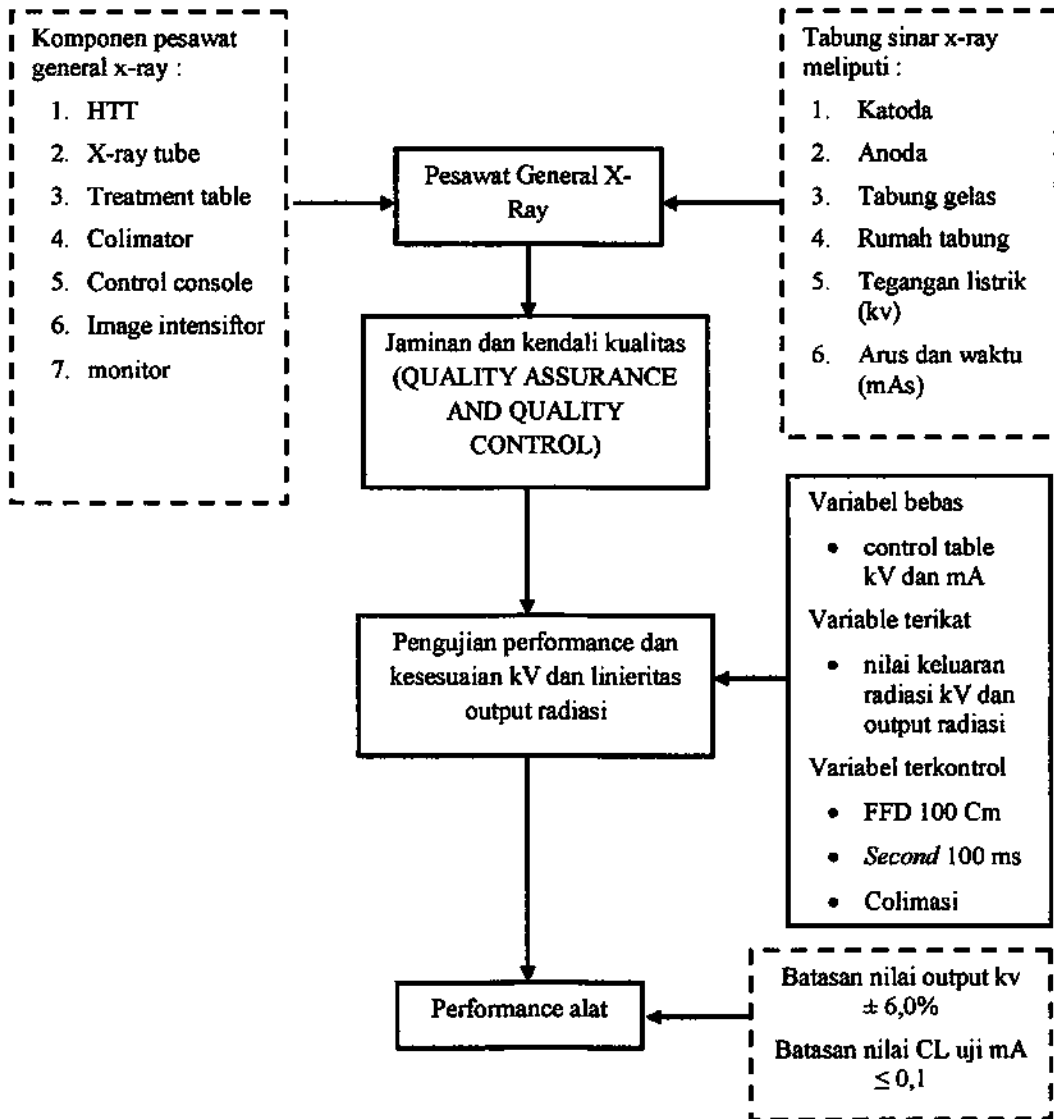
2.1.8 ALAT UKUR (MULTIFUNCTION METER)

Untuk melakukan sebuah pengukuran dibutuhkan sebuah alat ukur. Pada pengujian ini digunakan sebuah alat ukur yaitu *Multifunction Meters*. Dalam alat *Multifunction Meters* terdapat dua bagian yang penting untuk mengukur, yaitu detektor dan pembaca nilai (palm) yang terpisah dan dihubungkan oleh *bluetooth*. Alat ini dapat mendeteksi keluaran radiasi dari pesawat sinar-X dengan meletakkan detektor dibawah tabung sinar-X dengan FFD (*Focus Film Distance*) 100 cm dari tabung dengan menggunakan luas berkas sinar (*colimasi*) selebar detektor, Sedangkan pembaca nilai ukur (palm) terpisah dari detektor yang akan dibawa oleh petugas ukur didalam ruang panel kontrol.



Gambar 2.4 Alat Ukur *Multifunction Meters*

2.2 KERANGKA TEORI



2.3 HIPOTESIS

Performa pesawat general X-ray yang mengalami keterlambatan pengujian selama 1 tahun dan mengalami perbaikan dengan pengukuran tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi terhadap nilai keluaran radiasi tidak baik, adanya penyimpangan terhadap nilai keluaran radiasi yang melebihi batas toleransi.

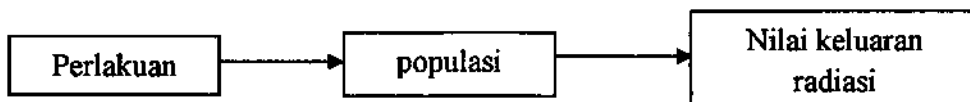
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 JENIS PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian eksperimen. Metode eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono 2011:72). Tujuan umum penelitian eksperimen adalah untuk meneliti dari uji perlakuan yang diberikan kepada populasi.

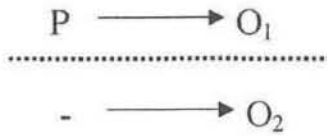
Gambaran umum dalam penelitian eksperimen model ini dapat digambarkan sebagai berikut. Pengukuran nilai keakurasian tegangan tabung (kV) dan linieritas output radiasi dilakukan sekaligus.



Perlakuan : Penggunaan kV dan mA pada kondisi tertentu yang sudah ditentukan sebelumnya. Dari kondisi tersebut akan menghasilkan nilai keluaran radiasi yang didapat dari uji pengukuran statistik yang dilakukan oleh peneliti.

Rancangan Pra Eksperimental (Pre experimental)

The static Group Comparison

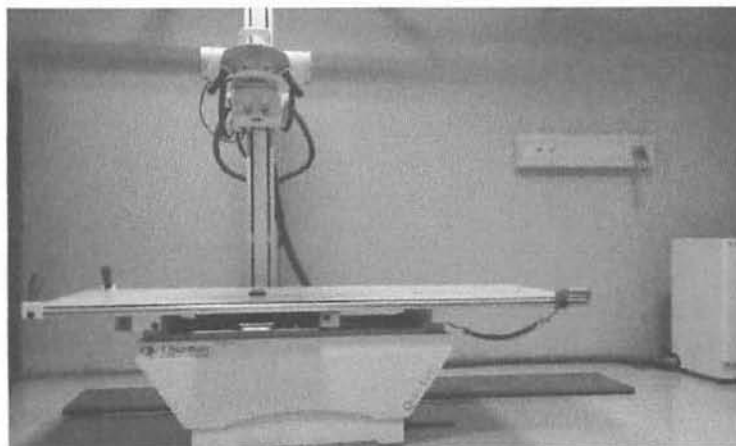


Dilakukan penelitian sebagai berikut :

1. Alat general X-ray dengan kV dan mA dalam kondisi A lalu di *expose* (P), kemudian diukur output kV dan output radiasi (O_1)
2. Alat general X-ray dengan kV dan mA dalam kondisi B lalu di *expose* kemudian diukur output kV dan output radiasi (O_2)
3. Kemudian dirata-rata O_1 dan O_2 untuk melihat perbedaan output kV dan output radiasi (P)

3.2 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

1. Pesawat general X-ray ruang rontgen 1



Gambar 3.1 Pesawat general X-ray ruang rontgen 1



Gambar 3.2 Tabung Pesawat general X-ray ruang rontgen 1

- a. Lokasi : Ruang Rontgen 1
- b. Merk pesawat : Quantum medical imaging (Toshiba)
- c. Merk tabung : Toshiba; Tipe : E 7242 X; Nomor seri: 10J006
- d. Kapasitas : Kondisi maksimum 125 kV dan 500 mA

2. Pesawat general X-ray ruang rontgen 2



Gambar 3.3 Pesawat general X-ray ruang rontgen 2



Gambar 3.4 Tabung Pesawat general X-ray ruang rontgen 2

- a. Lokasi : Ruang rontgen 2
 - b. Merk pesawat : Trophy N 500 HF
 - c. Merk tabung : Toshiba ; Tipe : E7239X ; Nomor seri : 08F999
 - d. Kapasitas : Kondisi maksimum dengan 125 kV dan 630 mA
3. Pesawat general X-ray ruang rontgen 3



Gambar 3.5 Pesawat general X-ray ruang rontgen 3



Gambar 3.6 Tabung pesawat general X-ray ruang rontgen 3

Spesifikasi alat :

- a. Lokasi : Ruang rontgen 3
- b. Merk pesawat : Toshiba KXO-50R
- c. Merk tabung : Toshiba ; Tipe : DRX-3724HD ; Nomor seri: 6K227
- d. Kapasitas : Kondisi maksimum dengan 150 kV dan 630 mA

4. Alat ukur (Multifunction meter)



Gambar 3.7 Alat Ukur Multifunction Meter

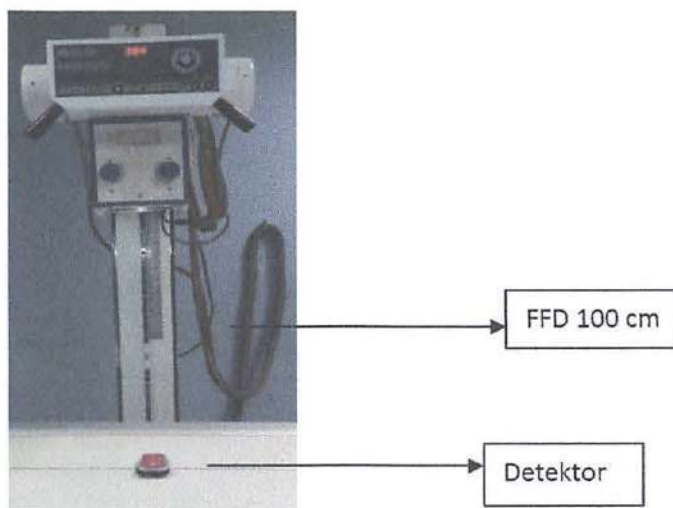
Spesifikasi Alat :

- a. Tipe : Piranha
- b. Nomor seri : CB2-10111122
- c. Objek yang dapat diukur : kV, dosis, HVL, mS
- d. Manufacturer : RTI Electronics
- e. Man. Part number : 9629001

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran keluaran kV dan mA pada setiap alat pesawat general X-ray. Langkah-langkah pengukuran, yaitu sebagai berikut :

1. Meletakkan detektor (*Multifunction meter*) dibawah tabung sinar-X dengan FFD (*Focus Film Distance*) 100 cm dari tabung dengan menggunakan luas berkas sinar (*colimasi*) selebar detektor. Sedangkan pembaca nilai ukur (*palm*) terpisah dari detektor yang akan dibawa oleh petugas ukur didalam ruang panel kontrol.



Gambar 3.8 Pengukuran dengan alat multifunction meter

2. Mengatur kondisi kV, mA dan ms pada panel kontrol.

Kondisi yang digunakan untuk pengujian kV :

1. 50 kV dengan 200 mA dan 100 ms.
2. 60 kV dengan 200 mA dan 100 ms.
3. 70 kV dengan 200 mA dan 100 ms.
4. 80 kV dengan 200 mA dan 100 ms.

Kondisi yang digunakan untuk pengujian output radiasi :

5. 70 kV dengan 100 mA dan 100 ms.
6. 70 kV dengan 150 mA dan 100 ms.
7. 70 kV dengan 200 mA dan 100 ms.
8. 70 kV dengan 320 mA dan 100 ms.
9. 70 kV dengan 400 mA dan 100 ms.

Pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali tiap kondisi yang ditentukan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat.

3. Melakukan ekspose dengan kondisi yang sudah ditentukan.
4. Mengamati nilai hasil keluaran radiasi yang terdapat pada monitor detektor.

Detektor akan mencatat radiasi yang keluar mencakup kV, second, dosis radiasi, nilai HVL dan linieritas output radiasi.

Acuan tersebut sudah tercantum sebagai aturan internasional yang di atur kembali di dalam PERKA BAPETEN NO.9 TAHUN 2011 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional dan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.1250/MENKES/SK/

XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik.

3.4 VARIABEL PENELITIAN

1. Variabel bebas

Variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi dimana terdapat faktor-faktor yang diukur serta dipilih oleh peneliti untuk mengetahui uji keakurasian pesawat general X-ray yang diobservasi. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah setting *control table* tegangan tabung (kV) dan mA. Kondisi tegangan tabung (kV) yang digunakan :

1. 50 kV dengan 200 mA dan 100 ms.
2. 60 kV dengan 200 mA dan 100 ms.
3. 70 kV dengan 200 mA dan 100 ms.
4. 80 kV dengan 200 mA dan 100 ms.

2. Variabel terikat

Faktor-faktor yang diobservasi dan diuji untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas, yaitu faktor yang muncul, atau tidak muncul, atau berubah sesuai dengan yang diperkenalkan oleh peneliti. Untuk variabel terikatnya adalah nilai keluaran radiasi kV dan output radiasi..

3. Variabel terkontrol

Variabel yang yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Untuk variabel kontrolnya adalah *FFD (Focus Film*

Distance) yaitu 100 cm, waktu *ekspose* yaitu 100 ms, dan luas lapangan penyinaran (*Colimasi*) yaitu selebar luas lapangan detektor.

DEFINISI OPERASIONAL

- a. kV : Satuan beda potensial yang diberikan antara katoda dan anoda di dalam tabung roentgen. kV (tegangan listrik) akan menentukan kualitas sinar-X dan daya tembus sinar-X.
- b. mA : Arus listrik suatu tabung yang mana besaran arus ini menentukan kuantitas radiasi.
- c. *Ekspose* : Saat sinar X-ray sepenuhnya keluar.
- d. FFD : Jarak antara tabung sinar-X dengan film.
- e. *Colimasi* : Luas lapangan penyinaran yang terdapat pada tabung sinar-X

3.5 ANALISIS DATA

Data yang sudah terkumpul di olah kemudian disajikan dalam bentuk tabel hasil pengukuran keluaran radiasi. Analisis data penelitian ini menggunakan analisis deskriptif. Semua data yang diperoleh dari hasil pengukuran dideskripsikan atau dijabarkan secara rinci mulai dari teknik pengolahan data hasil pengukuran sampai diperoleh nilai keakurasian keluaran radiasi khususnya kV dan output radiasi. Perhitungan yang dilakukan adalah dengan hitungan rata-rata dari data hasil pengukuran yang dilakukan berulang-ulang sebanyak 3x perlakuan untuk tiap kondisi yang sudah ditentukan.

3.6 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

3.6.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian di Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo jalan Mojopahit 67, ruang foto rontgen 1, ruang foto rontgen 2, ruang foto rontgen 3.

3.6.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada hari Sabtu, 1 Februari 2014 pukul 17.00 – 19.00.

	OKT'13	NOV'13	DES'13	JAN'14	FEB'14	MAR'14	APR'14	MEI'14
PENYUSUNAN PROPOSAL								
PENGUJIAN PROPOSAL								
PENELITIAN								
PENYUSUNAN TUGAS AKHIR								

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PENELITIAN

Dari penelitian yang dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Sidoarjo diperoleh data hasil pengukuran, sebagai berikut :

4.1.1 Data pengukuran ruang rontgen 1

Tabel 4.1 Data Pengukuran Tegangan Tabung (kV) Ruang Rontgen 1

PENGATURAN PANEL			HASIL TERUKUR			
Tegangan (kV)	Arus (mA)	Waktu (mS)	Tegangan (kV)	Waktu (mS)	Dosis (mGy)	HVL
50	200	100	51,76	99,85	0,288	2,23
			51,78	99,8	0,288	2,23
			51,92	99,9	0,287	2,21
60	200	100	62,75	99,89	0,47	2,73
			62,9	99,36	0,469	2,71
			62,77	99,86	0,47	2,73
70	200	100	73,36	99,38	0,677	3,23
			73,45	99,9	0,677	3,23
			73,36	99,85	0,677	3,24
80	200	100	83,25	99,39	0,911	3,6
			83,28	99,36	0,911	3,65
			83,37	99,85	0,912	3,65

Tabel 4.2 Data Pengukuran Linieritas Output Radiasi Ruang Rontgen 1

PENGATURAN PANEL			HASIL TERUKUR			
Tegangan (kV)	Arus (mA)	Waktu (mS)	Tegangan (kV)	Waktu (mS)	Dosis (mGy)	HVL
70	100	100	72,73	98,83	0,334	3,14
			72,73	98,85	0,334	3,13
			72,53	98,89	0,334	3,14
70	150	100	72,49	99,86	0,514	3,15
			72,57	99,85	0,515	3,15
			72,46	99,85	0,515	3,16
70	200	100	73,36	99,38	0,677	3,23
			73,45	99,9	0,677	3,23
			73,36	99,85	0,677	3,24
70	320	100	72,49	99,9	1,092	3,14
			72,6	99,84	1,092	3,14
			72,57	99,4	1,093	3,15
70	400	100	72,52	99,89	1,367	3,15
			72,58	99,89	1,367	3,14
			72,56	99,85	1,367	3,14

4.1.2 Data pengukuran ruang rontgen 2

Tabel 4.3 Data Pengukuran Tegangan Tabung (kV) Ruang Rontgen 2

PENGATURAN PANEL			HASIL TERUKUR			
Tegangan (kV)	Arus (mA)	Waktu (mS)	Tegangan (kV)	Waktu (mS)	Dosis (mGy)	HVL
50	200	100	48,44	99,39	0,3	1,86
			48,47	99,84	0,3	1,86
			48,56	99,33	0,301	1,83
60	200	100	59,7	99,4	0,481	2,2
			59,58	99,35	0,481	2,22
			59,64	99,36	0,48	2,21
70	200	100	70,21	99,85	0,684	2,62
			70,24	99,9	0,683	2,61
			70,25	99,89	0,681	2,63
80	200	100	80,71	99,85	0,914	3,04
			80,73	99,35	0,914	3,03
			80,65	99,91	0,912	3,04

Tabel 4.4 Data Pengukuran Linieritas Output Radiasi Ruang Rontgen 2

PENGATURAN PANEL			HASIL TERUKUR			
Tegangan (kV)	Arus (mA)	Waktu (mS)	Tegangan (kV)	Waktu (mS)	Dosis (mGy)	HVL
70	100	100	70,58	98,37	0,336	2,65
			70,58	98,85	0,338	2,64
			70,59	98,87	0,338	2,65
70	160	100	70,8	99,4	0,546	2,63
			70,32	99,35	0,546	2,64
			70,26	99,85	0,548	2,64
70	200	100	70,21	99,85	0,684	2,62
			70,24	99,9	0,683	2,61
			70,25	99,89	0,681	2,63
70	320	100	69,74	99,9	1,067	2,58
			69,65	99,9	1,069	2,6
			69,66	99,85	1,070	2,6
70	400	100	69,38	99,85	1,333	2,57
			69,37	99,39	1,331	2,57
			69,37	99,86	1,336	2,57

4.1.3 Data pengukuran ruang rontgen 3

Tabel 4.5 Data Pengukuran Tegangan Tabung (kV) Ruang Rontgen 3

PENGATURAN PANEL			HASIL TERUKUR			
Tegangan (kV)	Arus (mA)	Waktu (mS)	Tegangan (kV)	Waktu (mS)	Dosis (mGy)	HVL
50	200	100	50,74	98,9	0,339	2,01
			50,78	98,85	0,338	2,01
			50,78	98,86	0,339	2,02
60	200	100	62,08	99,39	0,54	2,4
			62,07	98,9	0,54	2,39
			62,14	98,89	0,542	2,39
70	200	100	72,41	98,89	0,756	2,8
			72,44	99,39	0,756	2,8
			72,54	98,85	0,756	2,8
80	200	100	82,89	98,9	0,998	3,25
			82,87	98,9	0,998	3,25
			82,95	98,89	0,997	3,24

Tabel 4.6 Data Pengukuran Linieritas Output Radiasi Ruang Rontgen 3

PENGATURAN PANEL			HASIL TERUKUR			
Tegangan (kV)	Arus (mA)	Waktu (mS)	Tegangan (kV)	Waktu (mS)	Dosis (mGy)	HVL
70	100	100	72,57	98,39	0,353	2,8
			72,39	98,4	0,353	2,81
			72,37	98,35	0,353	2,81
70	160	100	72,47	98,89	0,596	2,8
			72,52	98,85	0,596	2,8
			72,6	98,85	0,596	2,8
70	200	100	72,41	98,89	0,756	2,8
			72,44	99,39	0,756	2,8
			72,54	98,85	0,756	2,8
70	320	100	72,49	99,35	1,238	2,81
			72,53	99,36	1,238	2,8
			72,5	99,35	1,240	2,8
70	400	100	72,48	99,35	1,566	2,8
			72,52	99,39	1,566	2,8
			72,44	99,38	1,567	2,81

4.2 ANALISIS HASIL PENELITIAN

1) Ruang Rontgen 1

1. Pengukuran kV

Tabel 4.7 Data Rata-rata Pengukuran Output kV

kV Input (\bar{x} set)	kV Output rata-rata (\bar{x} ukur)
50	51,82
60	62,81
70	73,39
80	83,30

a. kV 50

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\
 &= \left| \frac{(50 - 51,82)}{50} \times 100 \% \right| \\
 &= 3,64 \%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 50 kV terdapat penyimpangan sebesar 3,64 %.

b. kV 60

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\
 &= \left| \frac{(60 - 62,80)}{60} \times 100 \% \right| \\
 &= 4,68 \%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 60 kV terdapat penyimpangan sebesar 4,68 %.

c. kV 70

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(70 - 73,39)}{70} \times 100 \% \right| \\ &= 4,84 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 70 kV terdapat penyimpangan sebesar 4,84 %.

d. kV 80

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(80 - 83,3)}{80} \times 100 \% \right| \\ &= 4,12 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 80 kV terdapat penyimpangan sebesar 4,12 %.

2. Pengukuran Linearitas Output Radiasi

Tabel 4.8 Data Rata-rata Pengukuran Linearitas Output

mA Input	Dosis rata-rata
100	334
150	514,67
200	677
320	1092,3
400	1036,7

a. mA 100

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{334}{10} = 33,4$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 33,4 pada setting mAs sebesar 10.

b. mA 150

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{514,67}{15} = 34,31$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 34,31 pada setting mAs sebesar 15.

c. mA 200

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{677}{20} = 33,85$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 33,85 pada setting mAs sebesar 20.

d. mA 320

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{1092,3}{32} = 34,13$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 34,13 pada setting mAs sebesar 32.

e. mA 400

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{1367}{40} = 34,175$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 34,175 pada setting mAs sebesar 40.

Tabel 4.9 Data Nilai Output (X)

mA	Nilai Output (X)
100	33,4
150	34,31
200	33,85
320	34,13
400	34,175

Dari Tabel diatas dapat diketahui nilai output maximal (X_{max}) sebesar 34,31 dan nilai output minimal (X_{min}) sebesar 33,4. Sehingga dapat dihitung Koefisien Linieritas (CL) sebagai berikut :

$$CL = \frac{(X_{max} - X_{min})}{(X_{max} + X_{min})} = \frac{34,31 - 33,4}{34,31 + 33,4} = 0,013$$

Dapat diketahui nilai koefisien linieritas (CL) pada tabung Sinar-X pesawat general X-Ray ruang rontgen 1 sebesar 0,013.

2) Ruang Rontgen 2

1. Pengukuran kV

Tabel 4.10 Data Rata-rata Pengukuran Output kV

kV Input (x set)	kV Output rata-rata (x ukur)
50	48,49
60	59,64
70	70,23
80	80,69

a. kV 50

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(50 - 48,49)}{50} \times 100 \% \right| \\ &= 3,02 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 50 kV terdapat penyimpangan sebesar 3,02 %.

b. kV 60

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(60 - 59,64)}{60} \times 100 \% \right| \\ &= 0,60 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 60 kV terdapat penyimpangan sebesar 0,6 %.

c. kV 70

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(70 - 70,23)}{70} \times 100 \% \right| \\ &= 0,33 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 70 kV terdapat penyimpangan sebesar 0,33 %.

d. kV 80

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(80 - 80,70)}{80} \times 100 \% \right| \\ &= 0,86 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 80 kV terdapat penyimpangan sebesar 0,86 %.

2. Pengukuran Linieritas Output Radiasi

Tabel 4.11 Data Rata-rata Pengukuran Linearitas Output

mA Input	Dosis rata-rata
100	336,6
160	546,6
200	682,6
320	1068,6
400	1333,3

a. mA 100

$$X = \frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}} = \frac{336,33}{10} = 33,6$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 33,6 pada setting mAs sebesar 10.

b. mA 160

$$X = \frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}} = \frac{546,67}{16} = 34,16$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 34,16 pada setting mAs sebesar 16.

c. mA 200

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{682,67}{20} = 34,13$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 34,13 pada setting mAs sebesar 20.

d. mA 320

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{1068,67}{32} = 33,39$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 33,39 pada setting mAs sebesar 32.

e. mA 400

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{1333,3}{40} = 33,33$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output 33,33 pada setting mAs sebesar 40.

Tabel 4.12 Data Nilai Output (X)

mA	Nilai Output (X)
100	33,6
150	34,16
200	34,13
320	33,39
400	33,33

Dari Tabel diatas dapat diketahui nilai output maximal (X_{max}) sebesar 34,16 dan nilai output minimal (X_{min}) sebesar 33,33. Sehingga dapat dihitung Koefisien Linieritas (CL) sebagai berikut :

$$CL = \frac{(X_{max} - X_{min})}{(X_{max} + X_{min})} = \frac{34,16 - 33,33}{34,16 + 33,33} = 0,012$$

Dapat diketahui nilai koefisien linieritas (CL) pada tabung Sinar-X pesawat general X-Ray ruang rontgen 2 sebesar 0,012.

1) Ruang Rontgen 3

1. Pengukuran kV

Tabel 4.13 Data Rata-rata Pengukuran Output kV

kV Input (x set)	kV Output rata-rata (x ukur)
50	50,77
60	62,10
70	72,46
80	82,90

a. kV 50

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{set} - \bar{x}_{ukur})}{\bar{x}_{set}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(50 - 50,77)}{50} \times 100 \% \right| \\ &= 1,54 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 50 kV terdapat penyimpangan sebesar 1,54 %.

b. kV 60

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(60 - 62,10)}{60} \times 100 \% \right| \\ &= 3,5 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 60 kV terdapat penyimpangan sebesar 3,5 %.

c. kV 70

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(70 - 72,46)}{70} \times 100 \% \right| \\ &= 3,5 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 70 kV terdapat penyimpangan sebesar 3,5 %.

d. kV 80

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} = \text{error} &= \left| \frac{(\bar{x}_{\text{set}} - \bar{x}_{\text{ukur}})}{\bar{x}_{\text{set}}} \times 100 \% \right| \\ &= \left| \frac{(80 - 82,90)}{80} \times 100 \% \right| \\ &= 3,6 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat di katakan bahwa untuk nilai 80 kV terdapat penyimpangan sebesar 3,6 %.

2. Pengukuran Linearitas Output Radiasi

Tabel 4.14 Data Rata-rata Pengukuran Linearitas Output

mA Input	Dosis rata-rata
100	353
160	596
200	756
320	1238,6
400	1566,3

a. mA 100

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{353}{10} = 35,3$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 35,3 pada setting mAs sebesar 10.

b. mA 160

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{596}{16} = 37,25$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 37,25 pada setting mAs sebesar 16.

c. mA 200

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{756}{20} = 37,8$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 37,8 pada setting mAs sebesar 20.

d. mA 320

$$X = \frac{\mu Gy}{mAs} = \frac{1238,67}{32} = 38,70$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 38,70 pada setting mAs sebesar 32.

e. mA 400

$$X = \frac{\mu\text{Gy}}{\text{mAs}} = \frac{1566,33}{40} = 39,15$$

Dari perhitungan diatas dapat dikatakan bahwa nilai output (X) adalah 39,15 pada setting mAs sebesar 10.

Tabel 4.15 Data Nilai Output (X)

mA	Nilai Output (X)
100	35,3
160	37,25
200	37,8
320	38,70
400	39,15

Dari Tabel diatas dapat diketahui nilai output maximal (X_{max}) sebesar 39,15 dan nilai output minimal (X_{min}) sebesar 35,3. Sehingga dapat dihitung Koefisien Linieritas (CL) sebagai berikut :

$$CL = \frac{(X_{max} - X_{min})}{(X_{max} + X_{min})} = \frac{39,15 - 35,3}{39,15 + 35,3} = 0,051$$

Dapat diketahui nilai koefisien linieritas (CL) pada tabung Sinar-X pesawat general X-Ray ruang rontgen 3 sebesar 0,051.

4.3 PEMBAHASAN

Data pengamatan variasi tegangan *input* dengan tegangan *output* dari pesawat general X-Ray

Tabel 4.16 Data nilai penyimpangan kV ruang rontgen 1

kV Input	kV Output rata-rata	Nilai penyimpangan (%)
50	51,82	3,64 %
60	62,81	4,68 %
70	73,39	4,84 %
80	83,30	4,12 %

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa pada kV 50, 60, 70 dan 80 terdapat penyimpangan sebesar 3,64% ; 4,68% ; 4,84% dan 4,12% namun penyimpangan dari data yang kami dapat di atas masih dalam batas toleransi yaitu sebesar $\pm 6.0\%$.

(Sumber : Kemenkes RI Nomor 1250 /MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik).

Tabel 4.17 Data nilai penyimpangan kV ruang rontgen 2

kV Input	kV Output rata-rata	nilai penyimpangan (%)
50	48,49	3,02 %
60	59,64	0,6 %
70	70,23	0,34 %
80	80,69	0,86 %

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa pada kV 50, 60, 70 dan 80 terdapat penyimpangan sebesar 3,02% ; 0,6% ; 0,34% dan 0,86% namun penyimpangan dari data yang kami dapat di atas masih dalam batas toleransi yaitu sebesar $\pm 6.0\%$.

(Sumber : Kemenkes RI Nomor 1250 /MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik).

Tabel 4.18 Data nilai penyimpangan kV ruang rontgen 3

kV Input	kV Output rata-rata	Nilai penyimpangan (%)
50	50,77	1,54 %
60	62,10	3,5 %
70	72,46	3,5 %
80	82,90	3,6 %

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa pada kV 50, 60, 70 dan 80 terdapat penyimpangan sebesar 1,54% ; 3,5% ; 3,5% dan 3,6% namun penyimpangan dari data yang kami dapat di atas masih dalam batas toleransi yaitu sebesar $\pm 6.0\%$.

(Sumber : Kemenkes RI Nomor 1250 /MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik).

Tabel 4.19 Data Nilai koefisien Linieritas

Ruang Pemeriksaan	Koefisien Linieritas (CL)
Ruang Rontgent 1	0,013
Ruang Rontgent 2	0,012
Ruang Rontgent 3	0,051

Dari tabel diatas didapatkan koefisien linier dari pesawat X-ray pada ruang rontgen 1,2 dan 3 adalah 0,013 ; 0,012 dan 0,051, data tersebut merupakan penyimpangan namun masih dalam batas toleransi penyimpangan yaitu sebesar $\leq 0,1$.
(Sumber : Kemenkes RI Nomor 1250 /MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Radiodiagnostik).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan uji kesesuaian terhadap akurasi tegangan tabung dan linieritas uotput radiasi terhadap pesawat general X-ray, maka dapat disimpulkan bahwa pesawat general X-ray di RSUD Sidoarjo masih dalam batas toleransi.

5.2 SARAN

Harus dilakukan uji kesesuaian terhadap alat pesawat general X-ray setiap dua tahun sekali dan pada saat setelah dilakukan perbaikan pada komponen alat untuk menjaga *performance* alat tetap stabil dan tidak mengalami penyimpangan sesuai prosedur uji kesesuaian yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Bushong, Stewart C. 1988. *Radiologic Science for Technologist*. United States, America
- Bushterg, Jerrold T, et all. 2002. *The Essential Physics of Medical Imaging*. United States
- Joel E, Gray, Nortin Winkler. 1983. *Quality Control in Diagnostic Imaging*. Universitas Park Press, Baltimore
- Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2007. *Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik*. Jakarta
- <http://www.maxwideman.com/issacons1/1175.htm>. Diakses tanggal 12 Oktober 2013
- Kemenkes RI Nomor 1250 /MENKES/SK/XII/2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (Quality Control) Peralatan Radiodiagnostik
- PERKA BAPETEN NO. 9 TAHUN 2011 tentang uji kesesuaian pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional

Lampiran 1



BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
 Nuclear Energy Regulatory Agency
DIREKTORAT PERIZINAN FASILITAS RADIASI DAN ZAT RADIOAKTIF

Jl. Gajah Mada No. 8, Jakarta 10120, Indonesia, PO BOX 4008 JKT 10040
 Helpdesk: Telp. 021 - 6385 4879, 6385 4863, 6385 4871, Fax. 021 - 6385 6613, 6385 9141
 SMS Center: 0815 11 858 858, Kedururatan Nuklir: Telp. 021 - 6385 6616, Fax: 6302 197
 Homepage: www.bapeten.go.id, Email: dptfz@bapeten.go.id

SURAT IZIN
PEMANFAATAN TENAGA NUKLIR

Nomor : 020696.1.204.00000.090411

Berdasarkan ketentuan UU No. 10 Tahun 1997 Pasal 17 ayat 1 (LN Tahun 1997 No. 23, TLN No. 3676) dan PP No. 29 Tahun 2008 (LN Tahun 2008 No. 54, Tambahan LN No. 4839) serta Surat Permohonan dengan No. Registrasi **02524.11/04/21/134/B/001/III/11** tertanggal **28 Maret 2011**

Kepada :
 Nama : **Dr. Sudarmadji, MM**
 Jabatan : **Direktur**
 Perusahaan/Instansi : **Sidoarjo, RSUD**
 Alamat : **Jl. Mojopahit No. 667, Sidoarjo 61215, Jawa Timur, Telp. (031) 8961649, Fax. (031) 8963237**

Diberikan : **IZIN PEMANFAATAN TENAGA NUKLIR**

Merk/Pembangkit Radiasi/Pengion	Tipe	Nomor Seri	Kondisi Maksimum
Quantum Medical Imaging (Tosiba)	E 7239 X	10J006	125 kV/500 mA

Tujuan : **Penggunaan dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional**
 Lokasi : **Jl. Mojopahit No. 667, Sidoarjo 61215, Jawa Timur**

Surat izin ini diberikan untuk jangka waktu **2 tahun** dari tanggal **09 April 2011** sampai dengan tanggal **08 April 2013**

Dikeluarkan di : **Jakarta**
 Pada tanggal : **09 April 2011**

Perhatian :

Surat izin ini dilampiri dengan lembar tambahan, yang merupakan bagian tak terpisahkan dari Surat Izin ini :
 1. Lembar Tambahan I : Nama Petugas Proteksi Radiasi dan Peralat Radiasi serta Alat Ukur Radiasi.
 2. Lembar Tambahan II : Kondisi Izin.

a.n. Kepala,
 Direktur Perizinan Fasilitas Radiasi dan
 Zat Radioaktif

 Beethie Isa
 NIP : 195511211982102001

Lampiran 2



BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
 Nuclear Energy Regulatory Agency
DIREKTORAT PERIZINAN FASILITAS RADIASI DAN ZAT RADIOAKTIF

Jl. Gajah Mada No. 8, Jakarta 10120, Indonesia, PO BOX 4008 JKT 10040
 Helpdesk: Telp. 021 – 6385 4879, 6385 4883, 6385 4871, Fax: 021 – 6385 8613, 6385 9141
 SMS Center: 0815 11 858 858, Kedaruratan Nuklir : Telp. 021 – 6385 6518, Fax: 6302 187
 Homepage: www.bapeten.go.id, Email: dpfzr@bapeten.go.id

SURAT IZIN
PEMANFAATAN TENAGA NUKLIR

Nomor : 021636.1.204.00000.061011

Berdasarkan ketentuan UU No. 10 Tahun 1997 Pasal 17 ayat 1 (LN Tahun 1997 No. 23, TLN No. 3676) dan PP No. 29 Tahun 2008 (LN Tahun 2008 No. 54, Tambahan LN No. 4839) serta Surat Permohonan dengan No. Registrasi 08342.11/04/21/134/B/001/VIII/11 tertanggal 11 Agustus 2011

Kepada :
 Nama : Dr. Sudarmadji, MM
 Jabatan : Direktur
 Perusahaan/Instansi : RSUD. Sidoarjo
 Alamat : Jl. Mojopahit No. 667, Sidoarjo 61215, Jawa Timur, Telp. (031) 8961649, Fax. (031) 8963237

Diberikan : IZIN PEMANFAATAN TENAGA NUKLIR

Merk Pembangkit Radiasi Pengion	Tipe	Nomor Seri	Kondisi Maksimum
Trophy N 500 HF	E7239X	OOF999	125 kV/500 mA

Tujuan : Penggunaan dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensial
 Lokasi : Jl. Mojopahit No. 667, Sidoarjo 61215, Jawa Timur

Surat izin ini diberikan untuk jangka waktu 2 tahun
 dari tanggal 06 Oktober 2011 sampai dengan tanggal 05 Oktober 2013

Dikeluarkan di : Jakarta
 Pada tanggal : 06 Oktober 2011

Petachan :
 Surat izin ini ditamgiri dengan lembar tambahan,
 yang merupakan bagian tak terpisahkan dari Surat Izin ini :
 1. Lembar Tambahan I : Nama Petugas Proteksi Radiasi dan
 Pekerja Radiasi serta Alat Ukur Radiasi.
 2. Lembar Tambahan II : Kondisi Izin.



a.n. Kepala,
 Direktur Perizinan Fasilitas Radiasi dan
 Zat Radioaktif

H. Sugeng Sumbarjo, M.Eng
 NIP. 196507251990011001

Lampiran 3



BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
 Nuclear Energy Regulatory Agency
 DIREKTORAT PERIZINAN FASILITAS RADIASI DAN ZAT RADIOAKTIF

Jl. Gajah Mada No. 8, Jakarta 10120, Indonesia, PO BOX 4008 JKT 10040
 Helpdesk: Telp. 021 – 6385 4879, 6385 4883, 6385 4871, Fax: 021 – 6385 6613, 6385 9141
 SMS Center: 0815 11 858 858, Kedaruratan Nuklir: Telp. 021 – 6385 6518, Fax: 6302 187
 Homepage: www.bapeten.go.id, Email: dpfzr@bapeten.go.id

SURAT IZIN
PEMANFAATAN TENAGA NUKLIR

Nomor : 023653.1.204.00000.280812

Berdasarkan ketentuan UU No. 10 Tahun 1997 Pasal 17 ayat 1 (LN Tahun 1997 No. 23, TLN No. 3676) dan PP No. 29 Tahun 2008 (LN Tahun 2008 No. 54, Tambahan LN No. 4839) serta Surat Permohonan dengan No. Registrasi 04913.12/04/21/134/B/001/VIII/12 tertanggal 15 Agustus 2012

Kepada :
 Nama : **Dr. Eddy Koestantono M, MM**
 Jabatan : **Diraktur**
 Perusahaan/Instansi : **RSUD. Sidoarjo**
 Alamat : **Jl. Mojopahit No. 667, Sidoarjo 61215, Jawa Timur, Telp. (031) 8961649, Fax. (031) 8963237**

Diberikan : **IZIN PEMANFAATAN TENAGA NUKLIR**

Merik Pembangkit Radiasi Pemonitor	Time	Power Sup	Kapasitas Maksimum
Toshiba KXO-50R	DRX-3724HD	6K227	150 kV/630 mA

Tujuan : **Penggunaan dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional**
 Lokasi : **Jl. Mojopahit No. 667, Sidoarjo 61215, Jawa Timur**

Surat izin ini diberikan untuk jangka waktu **2 tahun**
 dari tanggal **28 Agustus 2012** sampai dengan tanggal **27 Agustus 2014**

Dikeluarkan di : **Jakarta**
 Pada tanggal : **28 Agustus 2012**

- Perhatian :
- Surat Izin ini dilampiri dengan lembar tambahan, yang merupakan bagian tak terpisahkan dari Surat Izin ini :
- Lembar Tambahan I : Nama Petugas Proteksi Radiasi dan Pekerja Radiasi serta Alat Ukur Radiasi.
 - Lembar Tambahan II : Kondisi Izin.

a.n. Kepala,
 Direktur Perijinan Fasilitas Radiasi dan
 Zat Radioaktif



Lampiran 4



CALIBRATION CERTIFICATE
 Calibration certificate issued by an accredited calibration laboratory
TUBE VOLTAGE



Page 1 of 2

A

Certificate number	1011A2511	Customer RTI Electronics AB
Serial number	CB2-10111122	
Object	kVp, dose-, doserate- and time-meter	
Manufacturer	RTI Electronics	
Type	Piranha	
Man. part number	9629001	
Date of calibration	2010-11-29	

Environment All climate conditions are within RTI's limits for a reliable calibration environment, i.e. 15-30 deg C, 90 -110 kPa, and no restrictions for air humidity.

Reference equipment Voltage divider
Reference number 11-100516

Geometric arrangement The detector was irradiated perpendicular to the entrance window.
 The point of reference is 10.0 mm below top surface.

Method The method is described in the document MTB-010 Calibration method-Tube Potential, by RTI Electronics AB.

Traceability The calibration is performed by comparison against a reference high voltage divider system. The reference high voltage divider system is traceable through SP Technical Research Institute of Sweden to national and international standards.

Uncertainty The expanded uncertainty at reference conditions when calibrating is $\pm 0.58\%$. The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with IAL Publication EA-402.

Pass/Fail criteria Pass/Fail criteria is set so that the objects specifications are fulfilled with a margin including the expanded uncertainty of the calibration. Pass/Fail criteria for kV calibrations of the Piranha is $\pm 1.0\%$ or ± 0.4 kV whichever is largest.

Evaluations The measured values are within the error limits specified by the manufacturer of the equipment under test.

Next calibration 2012-11-28 according to manufacturers recommendation.

Calibrated by:

Resmus Palm

The calibration results refer exclusively to the object.
 This calibration certificate may not be circulated other than in full.
 Template version: 2010.0A

Resmus Palm, 03-11-2010

RTI Electronics
 Flejebergsgatan 8 C
 SE - 431 27 Alingsdal, Sweden

Phone: +46 31 746 36 00
 Fax: +46 31 27 05 73
 info@rti.se

www.rti.se
 Momstagsitreningsnummer: 556230246201
 VAT Number: SE556230246201

CALIBRATION CERTIFICATE - TUBE VOLTAGE

Certificate number 1011A2511

Page 2 of 2

Radlography (R1)		Settings			Measured data		Result	
		Current (mA)	Time (ms)	Detector Filter	Reference kVp (kV)	Detector kVp (kV)	Deviation (%)	Status Pass/Fail
SDD	69 cm	100	100	3	40.31	40.17	-0.3	Pass
		75	100	3	50.48	50.43	-0.1	Pass
Anode filter	W/3.0mm Al	75	100	4	50.14	50.57	0.6	Pass
		76	100	4	59.49	59.90	0.2	Pass
HVL	3.0 mm Al at 60 kV	75	100	4	70.24	70.09	-0.2	Pass
		75	100	4	84.80	84.86	0.1	Pass
		75	100	4	100.83	100.88	0.0	Pass
		75	100	4	120.15	120.20	0.0	Pass
		50	100	5	109.97	110.24	0.2	Pass
		50	100	5	125.91	126.21	0.2	Pass
		50	100	5	139.70	139.97	0.2	Pass

Lampiran 5

- 5 -

- 4) Pesawat Sinar-X Gigi Ekstraoral sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf b meliputi:
- Panorama dan
 - Cephalometric.

BAB II

PERSYARATAN UJI KESESUAIAN PESAWAT SINAR-X

Bagian Keatu

Kewajiban Uji Kesesuaian

Paral 4

- Setiap orang atau badan yang mengajukan permohonan izin baru, perpanjangan izin, dan/atau meminda izin penggunaan Pesawat Sinar-X wajib melaksanakan Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X.
- Pesawat Sinar-X sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - Pesawat Sinar-X yang belum memiliki sertifikat Uji Kesesuaian;
 - Pesawat Sinar-X dengan masa berlaku sertifikat Uji Kesesuaian yang telah berakhir; dan
 - Pesawat Sinar-X yang telah memiliki sertifikat Uji Kesesuaian, tetapi mengalami perubahan spesifikasi teknis yang dikarenakan perbaikan dan/atau penggantian komponen signifikan.

Paral 5

- Uji Kesesuaian sebagaimana dimaksud dalam Paral 4 ayat (1) harus dilakukan terhadap fungsi kinerja dari komponen signifikan Pesawat Sinar-X yang mempengaruhi penerimaan dosis radiasi pasien dan kualitas citra yang dihasilkan.
- Komponen signifikan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - generator;
 - panal kendali;

c. tabung ...

- c. tabung insersi;
 - d. wadah tabung (*housing*); dan
 - e. komponen terkait sistem pencitraan.
- (3) Parameter uji dari komponen signifikan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) paling kurang memuat parameter sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Kepala BAPETEN ini.
- (4) Parameter uji sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang secara langsung mempengaruhi dosis radiasi pasien dan menentukan kelayakan operasi Pesawat Sinar-X terhadap pasien meliputi:
- a. kolimasi berkas sinar-X;
 - b. kualitas berkas sinar-X;
 - c. reproduksibilitas penyinaran;
 - d. indikator peringatan penyinaran, termasuk timer fluoroskopik;
 - e. sistem interlock untuk menghentikan penyinaran secara otomatis bila batas prekondisi keselamatan terlampaui;
 - f. kebocoran wadah tabung Pesawat Sinar-X;
 - g. laju dosis radiasi maksimum pada penyinaran fluoroskopik; dan
 - h. informasi dosis atau laju dosis radiasi yang diterima pasien.
- (5) Parameter uji sistem interlock untuk menghentikan penyinaran secara otomatis sebagaimana dimaksud pada ayat (4) huruf e diberlakukan apabila kendali penyinaran otomatis (AEC) tersedia.

Pasal 6

- (1) Pelaksanaan Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (1) dilakukan oleh Penguji Berkeahlian.
- (2) Hasil pelaksanaan Uji Kesesuaian sebagaimana dimaksud

pada ...