

**PENGUKURAN LAJU PAPARAN RADIASI PADA RUANG  
PEMERIKSAAN PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL  
DI RADIOLOGI RS INDRIATI SOLO BARU**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Menyelesaikan Pendidikan Diploma 3 Radiologi  
pada Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto



**JONI ISKANDAR**

**NIM. 21230018**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 RADIOLOGI  
POLITEKNIK KESEHATAN TNI AU ADISUTJIPTO  
YOGYAKARTA**

**2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGUKURAN LAJU PAPARAN RADIASI PADA RUANG PEMERIKSAAN  
PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL DI RADIOLOGI RS INDRIATI  
SOLO BARU**

**JONI ISKANDAR**

**NIM : 21230018**

Yogyakarta, .....

Menyetujui :

Pembimbing I

Tanggal.....

Delfi Iskardyani, S.Pd., M.Si

NIDN. 0523099101

Pembimbing II

Tanggal.....

Redha Okta Silfina, M.Tr.Kes

NIDN. 0514109301

**SURAT PERNYATAAN**  
**TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI**

Saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Pengukuran Laju Paparan Radiasi Pada Ruang Pemeriksaan Pesawat Sinar-X Konvensional Di Radiologi RS Indriati Solo Baru” ini sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian di dalamnya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan pelanggaran etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Yogyakarta,                      2024

Yang membuat pernyataan

( Joni Iskandar )

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala rahmat yang dilimpahkan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PENGUKURAN LAJU PAPARAN RADIASI PADA RUANG PEMERIKSAAN PESAWAT SINAR-X KONVENSIONAL DI RADIOLOGI RS INDRIATI SOLO BARU”.

Dalam penyusunan laporan kasus ini tidak akan lepas dari segala bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Kolonel (Purn) dr. Mintoro Sumego, MS yang kami hormati selaku direktur Poltekkes TNI AU Adisutjipto.
2. Ibu Delfi Iskardyani, S.Pd.,M.Si selaku Dosen Pembimbing Pertama Tugas Akhir.
3. Ibu Redha Okta Silfina, M.Tr.Kes selaku Dosen Pembimbing kedua Tugas Akhir.
4. Pak M. Sofyan, S.ST.,M.Kes selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan baik material maupun non material.
6. Keluarga yang telah memberikan support sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Teman-teman seangkatan Radiologi dan pihak-pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan doa dan juga dukungan.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir. Oleh karena itu, kritikan dan saran dapat membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir. Penulis juga berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca umumnya.

Yogyakarta, Agustus 2024

Penulis

## INTISARI

**Latar Belakang:** Menurut Perka Bapeten No. 8 Tahun 2011 periode pemantauan laju paparan radiasi pada daerah kerja diagnostik dilakukan satu kali setahun dan dilaporkan secara tertulis. Berdasarkan pengamatan, Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru Terakhir dilakukan uji paparan radiasi pada tanggal 1 Mei 2017 oleh PT. Murti Indah Sentosa dengan hasil pemeriksaan paparan radiasi aman. Pada bulan november 2023 dilakukan perbaikan pintu di ruangan sinar-X konvensional dan tidak dilakukan uji paparan radiasi ulang.

**Tujuan:** Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui hasil pengukuran laju paparan radiasi di sekitar ruang pemeriksaan sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru.

**Metode:** Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksperimental. Pengambilan data ini dilakukan pada bulan Mei 2024 di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru. Metode pengumpulan data menggunakan pengukuran laju paparan radiasi, observasi, dan dokumentasi. Metode analisis data dengan tahapan pengumpulan data, penyajian data, dan kesimpulan. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengukuran laju paparan menggunakan surveymeter pada setiap titik ruangan yang telah ditentukan.

**Hasil:** Hasil dari pengukuran nilai laju paparan radiasi pada ruang pemeriksaan sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo baru yang paling besar pada pengukuran di titik E posisi vertikal  $0,30 \mu\text{Sv/h}$  dan yang paling kecil pada titik D posisi horizontal  $0,13 \mu\text{Sv/h}$ .

**Kesimpulan:** Nilai paparan ini tidak melebihi batas yang ditentukan oleh dokumen kajian keselamatan radiasi RS Indriati solo baru.

**Kata Kunci :** Laju paparan, Konvensional

## **ABSTRACT**

**Background:** According to Bapeten Regulation No. 8 of 2011, the monitoring period for radiation exposure rates in diagnostic work areas is carried out once a year and reported in writing. Based on observations, the Radiology Installation of Indriati Solo Baru Hospital was last tested for radiation exposure on May 1 2017 by PT. Murti Indah Sentosa with safe radiation exposure examination results. In November 2023, the door to the conventional X-ray room was repaired and no repeat radiation exposure test was carried out.

**Objective:** The aim of the research carried out was to determine the results of measuring the rate of radiation exposure around the conventional X-ray examination room at the Radiology Installation of Indriati Hospital, Solo Baru.

**Method:** This research is a type of descriptive quantitative research with an experimental approach. This data collection was carried out in May 2024 at the Radiology Installation of Indriati Hospital, Solo Baru. Data collection methods use measurements of radiation exposure rates, observation and documentation. Data analysis method with stages of data collection, data presentation and conclusions. This research was carried out by measuring the exposure rate using a surveymeter at each predetermined point in the room.

**Results:** The measurement results of radiation exposure rates in the conventional X-ray examination room at the Radiology Installation of RS Indriati Solo Baru show that the highest value was recorded at point E in the vertical position with 0.30  $\mu\text{Sv/h}$ , and the lowest value was at point D in the horizontal position with 0.13  $\mu\text{Sv/h}$ .

**Conclusion:** These exposure values do not exceed the limits specified in the radiation safety assessment document of RS Indriati Solo Baru.

**Keywords :** Exposure rate, Conventional

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	6
E. Keaslian Penelitian.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
A. Telaah Pustaka .....	9
1. Sumber Radiasi.....	9
2. Standar Ruang Radiologi.....	122
3. Metode Pemantauan Radiasi .....	14
4. Dosimetri Radiasi .....	15
5. Surveymeter.....	17
B. Kerangka Teori.....	22
C. Kerangka konsep.....	233
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>244</b>
A. Jenis dan Rancangan Penelitian .....	244
B. Tempat dan Waktu Penelitian .....	244
C. Populasi dan Subjek Penelitian .....	244
D. Instrumen Operasional dan Cara Pengumpulan Data .....	255

E. Cara Analisis Data.....	277
F. Etika Penelitian .....	277
G. Jalannya penelitian.....	299
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBASAN.....</b>	<b>30</b>
A. Hasil Penelitian .....	30
B. Pembahasan.....	34
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>38</b>
A. Kesimpulan.....	38
B. Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Penelitian dan jurnal yang terkait dengan “Pengukuran Laju Paparan Radiasi Pada Ruang Pemeriksaan Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru” .....	7
Tabel 2. Jadwal Penelitian.....	28
Tabel 3. Hasil mengukur sebaran radiasi hambur pada titik yang ditentukan .....	31
Tabel 4. Hasil perbandingan dengan dokumen kajian keselamatan radiasi RS Indriati solobaru .....	32
Table 5. Data Tabel Hasil Pengukuran Luas Bangunan Radiologi.....	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kerangka Teori.....	22
Gambar 2.2. Kerangka Konsep .....	23
Gambar 4.1 Setup Pesawat sinar-X dengan phantom sebagai penghambur .....	29

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Denah Titik Pengukuran Laju Paparan

Lampiran 2. Jadwal Penelitian

Lampiran 3. Surat Izin Penelitian

Lampiran 4. Dokumentasi Pengukuran

Lampiran 5. Hasil Pengukuran

Lampiran 6. Sertifikat Kalibrasi Surveymeter

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik, mirip dengan gelombang radio, panas, cahaya dan sinar ultraviolet, tetapi gelombangnya sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen, dengan panjang gelombang yang bervariasi dan tidak terlihat (Rasad, 2015). Hasil pencitraan sinar-X dapat menghasilkan gambaran struktur tubuh untuk memeriksa penyakit dan masalah lain pada tubuh manusia sehingga membantu menegakkan diagnosa penyakit dengan baik dan akurat.

Selain keuntungan yang besar, para pekerja radiologi juga menghadapi resiko yang cukup besar, yaitu adanya efek stokastik dan non stokastik. Berdasarkan publikasi ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) no 26, efek stokastik dinyatakan sebagai efek radiasi yang kemungkinan terjadinya efek tergantung pada dosis yang diterima seseorang tanpa ambang batas dosis sehingga bisa memodifikasi sel dan bertransformasi. Contoh efek ini kanker dan leukimia. efek non stokastik (deterministik) merupakan efek radiasi yang tingkat keparahannya bergantung pada dosis yang diterima dengan nilai ambang batas dosis. Contoh akibat efek ini adalah eritmia dan katarak. Mengingat resiko radiasi, maka setiap instalasi radiologi perlu melakukan proteksi radiasi terhadap pasien maupun pekerja.

Dalam Peraturan Kepala Bapeten No.4 Tahun 2020, proteksi radiasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi. Proteksi radiasi digunakan untuk membatasi jumlah paparan radiasi pada seorang individu, sehingga menangkal efek buruk dari paparan radiasi. Penurunan paparan radiasi pada individu dapat dengan pengaplikasian prinsip dasar proteksi radiasi, yaitu menggunakan waktu paparan sesingkat mungkin, gunakan jarak sejauh mungkin antara sumber radiasi dan individu yang dipapar radiasi, gunakan tabir antara sumber radiasi dan individu yang dipapar radiasi (Bushong, 2017).

Perisai radiasi sangat diperlukan untuk menyerap radiasi sehingga dapat mengurangi intensitas radiasi yang dihasilkan dan dapat mengurangi penerimaan dosis radiasi pada tubuh individu. Semakin besar efektifitas perisai radiasi pada ruangan tersebut maka semakin baik pula dalam menyerap radiasi (Dira Rizki, 2015). Perisai radiasi dibedakan menjadi dua yaitu perisai sumber dan perisai struktural. Perisai sumber merupakan perisai yang sudah ada dan menyatu dengan peralatan sinar-X sedangkan perisai struktural memberikan perlindungan terhadap radiasi sekunder hambur dan radiasi sekunder bocor seperti apron berlapis Pb, glove Pb, kaca mata Pb, tirai Pb dan sebagainya yang merupakan sarana proteksi radiasi individu. Oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk melakukan pengendalian keselamatan radiasi melalui proteksi radiasi dalam bentuk pemantauan paparan radiasi guna meyakinkan bahwa setiap individu

pekerja radiasi terjamin keselamatannya dari bahaya radiasi (Haekal Ilmi & Dwi Rochmayanti, 2018).

Pemantauan laju paparan radiasi dilakukan pada modalitas yang menggunakan sumber radiasi secara periodik. Periode penentuan laju paparan radiasi dilakukan satu tahun sekali untuk pemantauan rutin (Kepmenkes No. 1250 Tahun 2009). Menurut Perka Bapeten No. 8 Tahun 2011 periode pemantauan laju paparan radiasi pada daerah kerja diagnostik dilakukan satu kali setahun dan dilaporkan secara tertulis. Salah satu bentuk verifikasi keselamatan radiasi adalah pemantauan paparan radiasi. Pemantauan dilaksanakan pada pesawat sinar-X yang baru dimiliki sebelum digunakan ataupun setelah adanya perubahan atau perbaikan fasilitas. Pemantauan daerah kerja radiasi untuk diagnostik merupakan salah satu program proteksi radiasi yang harus dilakukan dalam setiap kegiatan pemantauan tenaga nuklir.

Pada jurnal penelitian sebelumnya dengan judul “Pengukuran laju paparan radiasi pada ruang pemeriksaan di instalasi radiologi RSUD Petala Bumi Provinsi Riau”, pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara pengukuran laju paparan radiasi pada daerah yang telah ditentukan dengan surveymeter. Pengukuran laju paparan radiasi pada daerah A 0,011 mR/jam, daerah B 0,017 mR/jam, daerah C dan D 0,005 mR/jam, dan daerah E 0,001 mR/jam. Kelima hasil tersebut tidak melampaui laporan IAEA Safety Reports NO. 47 untuk daerah pekerja

radiasi 2,5 mR/jam dan daerah masyarakat umum 0,25 mR/jam (Kusnita, 2021).

Pada jurnal penelitian dengan judul “Analisis Dosis Paparan Radiasi Ruangan Sinar-X Di Unit Radiologi Rsud H. Abdul Manap Jambi”, menyimpulkan bahwa besar nilai dosis paparan yang dihasilkan dari variasi tegangan, jarak dan titik pengukuran yang berbeda yaitu dengan nilai rata-rata 0,08 mSv – 0,13 mSv dan nilai standar deviasi yang didapat yaitu 0,01 – 0,03 yang dapat dikatakan bahwa nilai data yang diperoleh cukup akurat. Berdasarkan nilai maksimum dosis paparan per tahun nya menurut peraturan BAPETEN yaitu maksimal 1 mSv/tahun dan jika dibandingkan dengan nilai data yang diperoleh maka dapat disimpulkan nilai dosis paparan yang terukur masih aman dan alat pesawat sinar-x layak digunakan dirumah sakit tersebut (Novita Tarigan, 2021).

Sedangkan pada jurnal penelitian lain dengan judul “Pengukuran Laju Paparan Dosis Radiasi Pesawat Sinar-X Di Laboratorium Radiologi STIKes Senior Medan” menyimpulkan hasil pengukuran laju paparan dosis radiasi yang dihasilkan pesawat sinar-x diberbagai arah diperoleh radiasi terbesar terdapat pada jalan A sebesar 206 nSv/h. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa tabung dan lingkungan pesawat sinar-X layak dipakai dan aman ditempati. Terdapat saran yang muncul pada jurnal ini yaitu untuk peneliti selanjutnya perlu dilakukan uji kebocoran tabung dengan memfungsikan sistem kolimator yang rusa dan titik pengamatan yang lebih efisien (Ismadi Sihombing, 2020).

Berdasarkan pengamatan, Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru Terakhir dilakukan uji paparan radiasi pada tanggal 1 Mei 2017 oleh PT. Murti Indah Sentosa dengan hasil pemeriksaan paparan radiasi aman. Pada bulan november 2023 dilakukan perbaikan pintu di ruangan sinar-X konvensional dan tidak dilakukan uji paparan radiasi ulang. Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti ingin mengetahui mengenai laju paparan radiasi di sekitar ruang pemeriksaan Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru dengan melakukan pengukuran menggunakan alat surveymeter. Lokasi ruang sinar-X konvensional sebelah kiri berbatasan dengan ruang fluoroscopy, sisi kanan berbatasan dengan pantry, sisi depan berbatasan dengan selasar dan ada pintu akses masuk pasien, sisi belakang adalah ruang operator, pintu akses pekerja radiasi dan kaca intip Pb. Maka dari itu peneliti tertarik untuk meneliti lebih lanjut dengan mengangkat judul “Pengukuran Laju Paparan Radiasi Pada Ruang Pemeriksaan Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru”

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang didapatkan yaitu “Bagaimana cara dan hasil pengukuran laju paparan radiasi di sekitar ruang pemeriksaan pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru?”

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penulisan karya tulis ilmiah ini adalah Untuk mengetahui hasil pengukuran laju paparan radiasi di sekitar ruang pemeriksaan sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru.

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

##### 1. Manfaat teoritis

Meningkatkan pengetahuan, informasi dan wawasan terhadap hasil pengukuran paparan radiasi pada ruang pemeriksaan pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru.

##### 2. Manfaat Praktis

Dapat memberikan informasi dalam meningkatkan pelayanan diagnostik yaitu dalam mengetahui paparan radiasi pada ruang pemeriksaan yang selama ini digunakan radiografer untuk pemeriksaan. Memberikan informasi mengenai sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja terhadap radiasi sebagai upaya mencegah pekerja dari radiasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan pada pekerja.

## E. Keaslian Penelitian

**Tabel 2. Penelitian dan jurnal yang terkait dengan “Pengukuran Laju Paparan Radiasi Pada Ruang Pemeriksaan Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru”**

No	Nama peneliti (Tahun)	Judul	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan dan Persamaan
1.	Ranti kusnita (2021) Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Awal Bros Pekanbaru	Pengukuran laju paparan radiasi pada ruang pemeriksaan di instalasi radiologi RSUD Petala Bumi Provinsi Riau	Penelitian kuantitatif deskriptif dan metode pengambilan data dilakukan dengan cara observasi ruangan dan pengukuran laju paparan radiasi menggunakan	Hasil pengukuran laju paparan radiasi pada daerah A 0,011 mR/jam, daerah B 0,017 mR/jam, daerah C dan D 0,005 mR/jam, dan daerah E 0,001 mR/jam. Kelima hasil tersebut tidak melampaui laporan IAEA Safety Reports NO. 47 untuk daerah pekerja radiasi 2,5 mR/jam dan daerah masyarakat umum 0,25 mR/jam	Perbedaan penelitian lokasi penelitian yang berbeda. Persamaan penelitian pengukuran laju paparan radiasi pada ruang radiologi.

			survaymeter		
2.	Novita Sari Tarigan (2021) Falkutas Sains Teknologi Universitas Jambi	Analisis Dosis Paparan Radiasi Ruangan Sinar-X Di Unit Radiologi Rsud H. Abdul Manap Jambi	Penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan metode survei	Dosis paparan yang dihasilkan dari variasi tegangan, jarak dan titik pengukuran yang berbeda yaitu dengan nilai rata-rata 0,08 mSv – 0,13 mSv dan nilai standar deviasi yang didapat yaitu 0,01 – 0,03 yang dapat dikatakan bahwa nilai data yang diperoleh cukup akurat	Perbedaannya adalah, Jumlahn titik yang di lakukan pengukuran. Persamaannya adalah melakukan pengukuran laju paparan radiasi.
3.	Ismadi Sihombing (2020) Stikes Senior Medan	Pengukuran Laju Paparan Dosis Radiasi Pesawat Sinar-X Di Laboratorium Radiologi STIKes Senior Medan	Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif	Hasil pengukuran laju paparan dosis radiasi yang dihasilkan pesawat sinar-x diberbagai arah diperoleh radiasi terbesar terdapat pada jalan A sebesar 206 nSv/h. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa tabung dan lingkungan pesawat sinar-X layak dipakai dan aman	Perbedaan penelitian lokasi penelitian yang berbeda. Persamaan penelitian pengukuran laju paparan radiasi pada ruang radiologi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Sumber Radiasi**

Sumber radiasi lingkungan baik alamiah maupun buatan manusia dapat berperan sebagai sumber-sumber radiasi tubuh manusia. Radiasi yang diterima tubuh manusia dapat berasal dari sumber eksternal maupun internal (Akhadi, 2015). Menurut Indarti (2017), sinar-X merupakan sarana utama pembuatan gambar radiograf yang dibangkitkan dengan suatu sumber daya listrik yang tinggi, sehingga sinar-X merupakan radiasi buatan.

Menurut Internasional Commission on Radiological Protection (ICRP) membagi efek radiasi terhadap tubuh manusia menjadi dua, yaitu efek stokastik dan efek deterministik.

##### **a. Efek stokastik**

Efek stokastik adalah efek yang kebolehjadian timbulnya merupakan fungsi dosis radiasi yang diperkirakan tidak mengenal dosis ambang. Jadi, sekecil apapun dosis radiasi yang diterima tubuh ada kemungkinannya akan menimbulkan kerusakan sel somatik maupun sel genetik. Kemungkinan terjadinya efek stokastik memenuhi hubungan probabiliti antara dosis dengan efek. Apabila dosis yang diterima oleh kelompok populasi dalam waktu tertentu makin tinggi,

maka frekuensi terjadinya efek stokastik tertentu ternyata semakin besar.

b. Efek desteterministik

Efek deterministik adalah efek radiasi yang kualitas keparahannya berubah sesuai dengan dosis dan hanya muncul saat dosis ambang dilampaui. Jadi radiasi dengan dosis yang lebih rendah dari ambang tidak akan menimbulkan efek deterministik deterministik.

Proteksi radiasi adalah Tindakan yang dilakukan yang dilakukan untuk melindungi pasien, pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi. Proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi (Indrati et al, 2017).

Persyaratan proteksi radiasi menurut Perka Bapeten No. 8 Tahun 2011 meliputi :

a. Justifikasi

Justifikasi penggunaan pesawat sinar-X harus didasarkan pada pertimbangan bahwa manfaat yang diperoleh jauh lebih besar dari pada risiko bahaya radiasi yang ditimbulkan. Justifikasi pemberian paparan radiasi kepada pasien untuk keperluan diagnostik atau intervensional harus diberikan oleh dokter atau dokter gigi dalam bentuk surat rujukan atau konsultasi.

b. Limitasi Dosis

Limitasi dosis harus mengacu pada Nilai Batas Dosis (NBD) pada Perka Bapeten No 8 Tahun 2011. Asas ini menghendaki agar dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan tidak boleh melebihi batas NBD. Pemantauan agar tidak melebihi batas NBD adalah dengan mengukur paparan radiasi dengan surveymeter.

Nilai batas dosis untuk pekerja radiasi dalam 1 tahun tidak boleh melampaui :

- 1) Dosis efektif untuk pekerja radiasi sebesar 20 mSv (dua puluh milisievert) per tahun rata-rata selama 5 (lima) tahun berturut-turut.
- 2) Dosis efektif untuk anggota masyarakat sebesar 1 mSv (satu milisievert) dalam 1 (satu) tahun.

c. Optimasi Proteksi Radiasi

Penerapan optimisasi proteksi dan keselamatan radiasi harus diupayakan agar pekerja radiasi di Instalasi Radiologi dan anggota masyarakat di sekitar Instalasi Radiologi menerima paparan radiasi serendah mungkin yang dapat dicapai. Penerapan optimisasi dilakukan dengan prinsip keselamatan radiasi yang meliputi pembatasan dosis untuk pekerja radiasi dan anggota masyarakat serta tingkat panduan paparan medik untuk pasien (Perka Bapeten No. 8 Tahun 2011).

## 2. Standar Ruang Radiologi

Berdasarkan Perka Bapeten No. 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional bagian IV paragraf 3 pasal 56 dan 57 mengenai standar bangunan fasilitas meliputi:

### a. Desain Bangunan Fasilitas Pesawat Sinar-X

Desain bangunan fasilitas pesawat sinar-X harus mematuhi persyaratan berikut :

- 1) Pembatas dosis untuk pekerja radiasi, meliputi perisai pada dinding ruangan maupun pintu yang berbatasan langsung dengan ruang kerja pekerja radiasi.
- 2) Pembatas dosis untuk anggota masyarakat, meliputi perisai pada dinding ruangan maupun pintu yang berbatasan langsung dengan akses anggota masyarakat.

### b. Persyaratan Bangunan Radiologi

Menurut Permenkes No. 1014 Tahun 2008, konstruksi bangunan yang aman dari radiasi adalah prinsip utama dalam merencanakan sebuah bangunan radiologi. Pendekatan yang digunakan untuk menetapkan jenis dan luas ruangan adalah fungsi ruangan, proteksi radiasi terhadap bahaya radiasi serta efisiensi.

Syarat Ruangan pemeriksaan menurut PERMENKES No. 1014 Tahun 2008 yaitu :

1) Ketebalan Dinding

Bata merah dengan ketebalan 25 cm dan kerapatan 2,2 g/cm<sup>3</sup> atau beton dengan ketebalan 20 cm atau setara dengan 2 mm timah hitam (pb), sehingga tingkat paparan radiasi disekitar pesawat sinar- X tidak melampaui dosis 1 mSv/tahun.

2) Pintu dan Ventilasi

Pintu ruangan pesawat sinar-X dilapisi timah hitam dengan ketebalan 2 mm sehingga tingkat radiasi disekitar pesawat sinar-X tidak melampaui nilai batas dosis 1 mSv/tahun. Ventilasi setinggi 2 m dari lantai sebelah luar agar orang tidak terkena paparan radiasi. Diatas pintu masuk ruang pemeriksaan dipasang lampu yang menyala ketika pesawat dihidupkan sebagai tanda sedang dilakukan penyinaran.

3) Ruangan dilengkapi dengan sistem pengaturan udara sesuai kebutuhan

4) Pada tiap sambungan Pb, dibuat tumpang tindih.

5) Jenis dan ukuran ruang sinar-X

a) Ruang X-Ray tanpa fluoroscopy

Ruangan X-ray tanpa fluoroskopi, minimal alat dengan kekuatan s/d 125 Kv : 4m (P) x 3m (l) x 2, 8m (t) dan alat

dengan kekuatan lebih dari 125 Kv : 6,5m (p) x 4m (l) x 2,8m (t).

b) Ruang Mammografi

Ukuran : 4m (p) x 3m (l) x 2,8m (t)

c) Ruang Panoramic

Ukuran : 3m (p) x 2m (l) x 2,8m (t)

d) Ruang Baca dan Konsultasi Dokter

Terpisah dengan ruang pemeriksaan, Luas: disesuaikan dengan kebutuhan, minimal 2m(p) x 2m(l) x 2,7m (t) / dokter spesialis radiologi dan dapat menampung satu buah meja kerja, dua buah kursi dan satu buah lemari.

e) Ruang ganti pakaian

Ada di setiap ruang pemeriksaan, Luas : disesuaikan dengan kebutuhan, minimal 1 m(p) x 1,5 m (l) x 2,7 m (t) dan dilengkapi dengan lemari baju atau locker.

f) Kamar mandi

Ukuran : minimal 1,5m (p) x 1m (l) x 2,7m (t)

g) Gudang untuk film dan Non film

Ukuran, suhu dan kelembaban disesuaikan dengan kebutuhan.

### 3. Metode Pemantauan Radiasi

Untuk mengetahui adanya radiasi pengion di sekitarnya, manusia harus menggunakan alat pantau radiasi. Alat pantau yang digunakan harus mampu mengenali adanya radiasi. Radiasi pengion yang melintasi bahan

detektor, akan menimbulkan tanggapan tertentu yang sebanding dengan dosis radiasi yang diterimanya.

Untuk mengukur besar tanggapan yang terjadi, detektor dihubungkan dengan rangkaian pembaca sinyal dan akan ditampilkan dalam bentuk angka-angka hasil pengukuran radiasi. Hasil pengukuran dapat berbentuk mR/jam, adapula dalam  $\mu\text{mG}/\text{jam}$  (Akhadi, 2015).

#### 4. Dosimetri Radiasi

Dosimetri radiasi adalah metode pengukuran dosis radiasi. Radiasi juga memiliki ukuran dan satuan yang menunjukkan besarnya pancaran radiasi dari suatu sumber, atau menunjukkan banyaknya dosis radiasi yang diberikan atau diterima oleh medium yang terkena radiasi. Ada beberapa besaran dan satuan dasar yang digunakan dalam dosimetri radiasi (Akhadi, 2015), yaitu :

##### a. Dosis Serap

Dosis serap didefinisikan sebagai energi rata-rata radiasi yang diserap pada suatu titik dari bahan per satuan massa bahan. Satuan yang digunakan satuan baru, dimana :

$$1 \text{ gray (Gy)} = 1 \text{ joule/kg}$$

Laju dosis serap mempunyai satuan dosis serap per satuan waktu. Dalam sistem SI, laju dosis serap dinyatakan dalam Gy/s, dan satuan-satuan lain yang sering digunakan adalah Gy/jam, Gy/menit, mGy/menit.

b. Dosis Ekuivalen

Ternyata dosis serap yang sama tetapi berasal dari jenis yang berbeda akan memberikan efek biologi yang berbeda pada sistem tubuh. Itu terjadi karena daya ionisasi masing-masing jenis radiasi berbeda. Makin besar daya ionisasi, makin tinggi tingkat kerusakan biologi yang ditimbulkannya. Dosis ekuivalen adalah dosis serap yang telah dikalikan dengan faktor bobot radiasi. Satuan dosis ekuivalen dalam SI adalah joule per kilogram (J/kg), dengan nama khusus sievert (Sv). Satuan lama untuk dosis ekuivalen adalah Rem, dengan  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$ .

c. Dosis Efektif

Hubungan antara peluang timbulnya efek biologi tertentu akibat penerimaan dosis ekuivalen pada suatu jaringan tergantung pada jaringan yang disinari. Dosis efektif merupakan turunan dari dosis ekuivalen yang dibobot dengan faktor bobot jaringan. Satuan dosis efektif dalam SI adalah joule per kilogram (J/kg), dengan nama lain sievert (Sv). Satuan untuk dosis ekuivalen adalah rem, dengan  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ .

d. Paparan

Paparan merupakan besaran untuk menyatakan intensitas sinar-X yang dapat menghasilkan ionisasi di udara dalam jumlah tertentu. Pada sistem Satuan Internasional (SI), satuan paparan adalah coulomb/kilogram (C/kg). Pengertian 1 C/kg adalah besar paparan

yang dapat menyebabkan terbentuknya muatan listrik sebesar satu coulomb pada suatu elemen volume udara yang mempunyai massa 1 kg. Sedang satuan lama yang masih sering digunakan adalah Roentgen (R).

Laju paparan adalah besar paparan persatuan waktu. Satuan laju paparan yang banyak digunakan adalah R/jam dengan turunannya seperti mR/jam atau  $\mu\text{mR/jam}$ .

## 5. Surveymeter

Salah satu instrumen yang dibutuhkan dalam sistem proteksi radiasi adalah Surveymeter yang berfungsi untuk memonitor laju paparan radiasi dari suatu lokasi yang diperkirakan ada benda atau zat yang mengandung radioaktif. Zat radioaktif didefinisikan sebagai zat yang mengandung inti atom tidak stabil, atau setiap zat yang memancarkan radiasi pengion dengan aktivitas jenis lebih besar dari 70kBq/kg. Surveymeter radiasi digunakan untuk mengukur tingkat radiasi dan biasanya memberikan data hasil pengukuran dalam laju dosis (dosis radiasi per satuan waktu), misal dalam mrem/jam atau  $\mu\text{Sv/jam}$ . Surveymeter terdiri dari detektor dan peralatan penunjang elektronik lainnya (Abimanyu, 2013).

Surveimeter harus dapat memberikan informasi laju dosis radiasi pada suatu area secara langsung. Jadi, seorang pekerja radiasi dapat memperkirakan jumlah radiasi yang akan diterimanya bila akan bekerja di suatu lokasi selama waktu tertentu. Dengan informasi yang ditunjukkan

surveimeter ini, setiap pekerja dapat menjaga diri agar tidak terkena paparan radiasi yang melebihi batas ambang yang diizinkan. Sebagaimana fungsinya, suatu surveymeter harus bersifat portable meskipun tidak perlu sekecil sebuah dosimeter personal. Konstruksi survaimeter terdiri atas detektor dan peralatan penunjang seperti terlihat gambar berikut. Cara pengukuran yang diterapkan adalah cara arus (current mode) sehingga nilai yang ditampilkan merupakan nilai intensitas radiasi. Secara elektronik, nilai intensitas tersebut dikonversikan menjadi skala dosis, misalnya dengan satuan roentgen/jam. Semua jenis detektor yang dapat memberikan hasil secara langsung, seperti detektor isian gas, sintilasi dan semikonduktor, dapat digunakan. Dari segi praktis dan ekonomis, detektor isian gas Geiger Muller yang paling banyak digunakan. Detektor sintilasi juga banyak digunakan, khususnya NaI(Tl) untuk radiasi gamma, karena mempunyai efisiensi yang tinggi (Abimanyu, 2013).

a. Jenis Surveymeter

Terdapat beberapa jenis survaimeter yang digunakan untuk jenis radiasi yang sesuai sebagai berikut.

- 1) Surveymeter Gamma
- 2) Surveymeter Beta dan Gamma
- 3) Surveymeter Alpha
- 4) Surveymeter neutron
- 5) Surveymeter Multi-Guna

Surveymeter gamma merupakan survaimeter yang sering digunakan dan pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengukur radiasi sinar X. Detektor yang sering digunakan adalah detektor isian gas proporsional, GM atau detektor sintilasi NaI(Tl). Berbeda dengan survaimeter gamma biasa, survaimeter beta dan gamma mempunyai detektor yang terletak di luar badan survaimeter dan mempunyai “jendela” yang dapat dibuka atau ditutup. Bila digunakan untuk mengukur radiasi beta, maka jendelanya harus dibuka. Sebaliknya untuk radiasi gamma, jendelanya ditutup. Detektor yang sering digunakan adalah detektor isian gas proporsional atau GM.

Survaimeter alpha mempunyai detektor yang terletak di luar badan survaimeter dan terdapat satu permukaan detektor yang terbuat dari lapisan film yang sangat tipis, biasanya terbuat dari berrilium, sehingga mudah sobek bila tersentuh atau tergores benda tajam. Detektor yang digunakan adalah detektor isian gas proporsional atau detektor sintilasi ZnS(Ag).

Survaimeter neutron biasanya menggunakan detektor proporsional yang diisi dengan gas BF<sub>3</sub> atau gas Helium. Karena yang dapat berinteraksi dengan unsur Boron atau Helium adalah neutron termal saja, maka survaimeter neutron biasanya dilengkapi dengan moderator yang terbuat dari parafin atau polietilen yang berfungsi untuk menurunkan energi neutron cepat menjadi neutron termal. Moderator ini hanya digunakan bila radiasi neutron yang akan diukur

adalah neutron cepat. Pada saat ini sudah mulai dipasarkan jenis survaimeter yang serbaguna (multipurpose) karena selain dapat mengukur intensitas radiasi secara langsung, sebagaimana survaimeter biasa, juga dapat mengukur intensitas radiasi selama selang waktu tertentu, dapat diatur, seperti sistem pencacah dan bahkan bisa menghasilkan spektrum distribusi energi radiasi seperti sistem spektroskopi (Edwards, 1990).

b. Prosedur Pemakaian Surveymeter

Tiga langkah penting yang perlu diperhatikan sebelum menggunakan survaimeter adalah:

- 1) memeriksa batere
- 2) memeriksa sertifikat kalibrasi
- 3) mempelajari pengoperasian dan pembacaan

Periksa batere: Hal ini dilakukan untuk menguji kondisi catu daya tegangan tinggi detektor. Bila tegangan tinggi detektor tidak sesuai dengan yang dibutuhkan, maka detektor tidak peka atau tidak sensitif terhadap radiasi yang mengenainya, akibatnya survaimeter akan menunjukkan nilai yang salah.

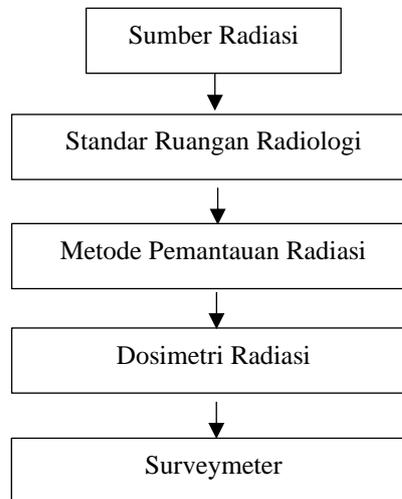
Periksa sertifikat kalibrasi: Pemeriksaan sertifikat kalibrasi harus memperhatikan faktor kalibrasi alat dan memeriksa tanggal validasi sertifikat. Faktor kalibrasi merupakan suatu parameter yang membandingkan nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur dan nilai dosis sebenarnya.

Sudah merupakan suatu ketentuan bahwa setiap alat ukur proteksi radiasi harus dikalibrasi secara periodik oleh instansi yang berwenang. Hal ini dilakukan untuk menguji ketepatan nilai sebenarnya. Perbedaan nilai antara yang ditampilkan alat terhadap nilai sebenarnya. Perbedaan nilai antara yang ditampilkan dan sebenarnya harus dikoreksi dengan suatu parameter yang disebut sebagai faktor kalibrasi ( $F_k$ ). (Sugili, 2012).

Dalam melakukan pengukuran, nilai yang ditampilkan alat harus dikalikan dengan faktor kalibrasinya, secara ideal, faktor kalibrasinya bernilai satu. Akan tetapi pada kenyataannya tidak banyak alat ukur yang mempunyai faktor kalibrasi sama dengan satu. Nilai yang masih dapat diterima berkisar antara 0,8 sampai dengan 1,2 (Sugili, 2012).

## B. Kerangka Teori

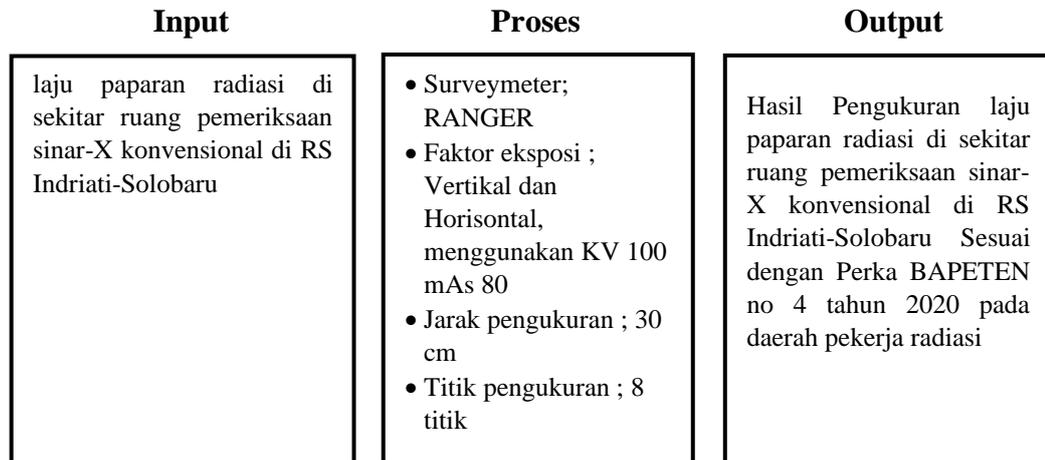
Kerangka teori yang disajikan oleh penulis berupa data dan rangkuman dari berbagai peraturan-peraturan dan literatur yang valid, berikut kerangka teorinya:



**Gambar 2.1.** Kerangka Teori

### C. Kerangka konsep

Kerangka konsep yang disajikan penulis berupa urutan proses penulis dalam melakukan penelitian yang dilaksanakan di Instalasi Radiologi Rumah Indriati Solo Baru, berikut kerangka konsepnya :



**Gambar 2.2.** Kerangka Konsep

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksperimental. Data dikumpulkan dengan cara observasi ruangan pemeriksaan serta pengukuran laju paparan radiasi menggunakan surveymeter.

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

Tempat yang di pilih untuk melakukan penelitian dilaksanakan di Rumah Sakit Indriati Solo Baru dan akan dilaksanakan pada bulan Mei tahun 2024.

#### **C. Populasi dan Subjek Penelitian**

Populasi yang digunakan pada penelitian pengukuran laju paparan radiasi di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru adalah ruangan pemeriksaan pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru.

Sampel yang akan diambil untuk penelitian pengukuran laju paparan radiasi di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru adalah daerah dilakukannya pengukuran laju paparan radiasi seperti sisi kanan, kiri, depan, belakang, atas dan bawah.

#### D. Instrumen Operasional dan Cara Pengumpulan Data

1. Instrumen operasional yang akan digunakan adalah:

a) Pesawat sinar-X

Merk : Toshiba  
Tipe : MRAD-A50S  
No. Seri : H4B1732152  
Kondisi Max : 150 KV/ 500 mA

b) Surveymeter

Merk : RANGER  
No Seri : X205625  
Faktor Kalibrasi : 1 ( $\mu$ Sv/jam)

c) Meteran

d) Apron

e) Kamera

2. Cara pengumpulan data

Penulis menggunakan *textbook* yang berjudul proteksi radiasi bidang radiodiagnostik dan intervensional yang ditulis oleh indrati, dkk pada tahun 2017. Buku ini diterbitkan oleh Inti Medika Pustaka di kota Magelang, Jawa Tengah. Menurut indarti (2017), prosedur pengukuran laju paparan radiasi ruangan adalah:

a) Mencatat data pesawat sinar-X meliputi merk, type tabung dan No. seri tabung

- b) Mencatat data ruangan tempat pesawat sinar-X meliputi ukuran ruangan, dinding, ruang operator, dan pintu, tanda radiasi
- c) Menyiapkan surveymeter untuk pengukuran laju paparan radiasi
- d) Menggunakan apron sebelum melakukan eksposi.
- e) Letakkan phantom untuk penghambur dengan FFD 100cm dan 150 cm
- f) Menyiapkan faktor eksposi, untuk faktor eksposi menggunakan faktor eksposi maksimal penyinaran yaitu 80 kVp dan 32 mAs. Eksposi dilakukan vertikal dan horizontal.
- g) Posisikan switch pada surveiometer diawali dengan skala yang lebih besar untuk pengukuran laju dosis radiasi, bila tidak terbaca ulangi dengan skala lebih kecil hingga skala penunjuk terbaca saat pengukuran dilakukan. (Posisi switch yang benar adalah pada kedudukan switch dengan satuan mGray/jam atau mRad/jam).
- h) Kondisi ruang penyinaran tertutup, lakukan pengukuran laju paparan radiasi di beberapa titik tertentu, misalnya sisi sebelah kiri berbatasan dengan ruang fluoroscopy, sisi kanan berbatasan dengan pantry, sisi depan berbatasan dengan selasar dan ada pintu akses masuk pasien, sisi belakang adalah ruang operator, pintu akses pekerja radiasi dan kaca intip Pb
- i) Eksposi dilakukan 3 kali untuk satu titik.
- j) Menurut Indarti (2017) Menghitung hasil bacaan surveymeter sebenarnya dengan rumus

$$D_{\text{sebenarnya}} = D_{\text{terukur}} \times \text{Faktor Kalibrasi}$$

k) Menghitung laju paparan radiasi sebenarnya dengan rumus

$$\text{Laju paparan} = \text{Hasil bacaan sebenarnya} - \text{Dosis background}$$

l) Surveymeter dipegang pada jarak 30 cm tegak lurus dari dinding terluar.

m) Melakukan pengukuran laju paparan radiasi pada daerah yang telah ditentukan menggunakan surveymeter dengan jarak 30 meliputi :

Titik A (pintu ruang operator)

Titik B (kaca Pb operator)

Titik C (ruang operator)

Titik D (ruang pantry)

Titik E (pintu masuk pasien)

Titik F (selasar/lorong)

Titik G (ruang fluoroscopy)

Titik H (lantai atasnya)

n) Melakukan pencatatan terhadap hasil pengukuran laju paparan radiasi dan memasukkan kedalam tabel

#### **E. Cara Analisis Data**

Peneliti melakukan pengukuran laju paparan radiasi di titik yang sudah ditentukan menggunakan surveymeter untuk mendapatkan data. Kemudian mencatat data tersebut kedalam table. Setelah itu, data dihitung menggunakan rumus rata-rata sehingga diperoleh hasil yang pasti.

#### **F. Etika Penelitian**

Prinsip-prinsip moral yang mengendalikan atau mempengaruhi perilaku disebut etika. Prinsip-prinsip ini dapat diterapkan untuk perencanaan,

pelaksanaan, dan pelaporan hasil penelitian (Mayer, 2009; Williamson, 2002 dalam Sarosa, 2012). Secara umum prinsip utama dalam etik penelitian keperawatan (Milton, 1999; Loisella, Profetto-McGrath, Polit dan Beck, 2004 dalam Dharma Kusuma, 2011) :

1. Menghormati harkat dan martabat manusia (*respect for human dignity*)

Penelitian dilaksanakan dengan menjunjung tinggi harkat dan martabat manusia. Subjek memiliki hak asasi dan kebebasan untuk menentukan pilihan ikut atau menolak penelitian (*autonomy*). Peneliti juga melakukan beberapa hal yang berhubungan dengan *informed consent* yaitu persetujuan untuk berpartisipasi sebagai subjek penelitian setelah mendapatkan penjelasan yang lengkap dan terbuka dari peneliti tentang keseluruhan pelaksanaan penelitian.

2. Menghormati privasi dan kerahasiaan subjek (*respect for privacy and confidentiality*)

Manusia sebagai subjek penelitian memiliki privasi dan hak untuk mendapatkan kerahasiaan informasi. Peneliti meniadakan identitas subjek, kemudian diganti dengan kode tertentu.

3. Menghormati keadilan dan inklusivitas (*respect for justice inclusive-ness*)

Menggunakan prinsip keterbukaan bahwa penelitian dilakukan secara cermat, tepat, jujur, hati-hati dan dilakukan secara profesional. Prinsip keadilan mengandung makna bahwa penelitian memberikan keuntungan dan beban secara merata sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan subjek

**G. Jalannya penelitian**

Penelitian dimulai dari pengajuan surat ijin penelitian yang disetujui oleh dosen pembimbing 1, dosen pembimbing 2 dan oleh penguji, kemudian surat tersebut diserahkan ke bagian sekretariat rumah sakit yaitu diklat, lalu bagian diklat menyampaikan kapan penelitian dapat dilaksanakan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBASAN

#### A. Hasil Penelitian

Penelitian ini mengukur laju paparan radiasi di ruang pemeriksaan pesawat sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solobaru. Pengukuran dilakukan menggunakan pesawat X-ray merk Toshiba tipe MRAD-A50S dengan nomor seri H4B1732152, dengan kondisi maksimal 150 KV dan 500 mA. Pengukuran laju paparan menggunakan surveymeter merk Ranger dengan nomor seri X205625 dan faktor kalibrasi 1 ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ). Faktor eksposi yang digunakan adalah 80 kV, 320 mA dan 32 mAs. Untuk mengukur 8 titik yang telah ditentukan dengan jarak surveymeter ke dinding 30 cm. Penelitian ini menggunakan fantom sebagai pengganti objek pada saat ekspose dengan FFD 100 cm untuk horizontal dan FFD 150 cm untuk vertikal.

##### 1. Cara Pengukuran Penelitian

- a) Menyiapkan pesawat sinar-X dan meletakkan fantom dengan FFD 100 cm untuk horizontal dan 150 cm untuk vertikal.



Gambar 4.1 Setup Pesawat sinar-X dengan phantom sebagai penghambur

- b) Mengatur faktor eksposi 80 kV, 320 mA dan 32 mAs
- c) Mempersiapkan surveymeter
- d) Mengukur Radiasi background
- e) Pengukuran titik A (Pintu ruang operator)
- f) Pengukuran titik B (Kaca Pb Operator)
- g) Pengukuran titik C (ruang operator)
- h) Pengukuran titik D (ruang pantry)
- i) Pengukuran titik E (Pintu masuk pasien)
- j) Pengukuran titik F (Selasar/ Lorong)
- k) Pengukuran titik G (Ruang Floroscopy)
- l) Pengukuran titik H (lantai atas, ruang MCU Eksekutif)

## 2. Hasil Pengukuran Laju Paparan

Untuk mengetahui hasil bacaan surveymeter pada pengukuran di titik A expose pertama hitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 D_{\text{sebenarnya}} &= D_{\text{terukur}} \times \text{Faktor Kalibrasi} \\
 &= 0,350 \times 1 \\
 &= 0,350
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung laju paparan yang telah didapatkan dari hasil bacaan surveymeter, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Laju paparan} &= \text{Hasil bacaan sebenarnya} - \text{Dosis background} \\
 &= 0,350 - 0,060 \\
 &= 0,29 \mu\text{Sv/h}
 \end{aligned}$$

Batas Toleransi :

Pekerja Radiasi : 3.05  $\mu\text{Sv/h}$

Masyarakat Umum : 0.305  $\mu\text{Sv/h}$

Jadi, hasil dari laju paparan di atas yaitu 0,29  $\mu\text{Sv/h}$ , hasil tersebut dikategorikan aman atau masih dalam batas toleransi.

**Tabel 3.** Hasil mengukur sebaran radiasi hambur pada titik yang ditentukan

Titik Pengukuran	Laju Paparan Vertikal ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Laju Paparan Horizontal ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Rerata Laju Paparan Vertikal ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Rerata Laju Paparan Horizontal ( $\mu\text{Sv/h}$ )
Titik A	0,29	0,22	0,29	0,22
	0,29	0,24		
	0,28	0,22		
Titik B	0,22	0,16	0,21	0,18
	0,2	0,14		
	0,22	0,18		
Titik C	0,19	0,14	0,18	0,17
	0,16	0,14		
	0,18	0,16		
Titik D	0,16	0,13	0,15	0,13
	0,14	0,11		
	0,16	0,14		
Titik E	0,29	0,26	0,30	0,24
	0,29	0,24		
	0,32	0,24		
Titik F	0,23	0,19	0,21	0,18
	0,2	0,17		
	0,2	0,16		
Titik G	0,18	0,14	0,17	0,14
	0,16	0,13		
	0,16	0,14		
Titik H	0,14	0,14	0,14	0,14
	0,14	0,13		
	0,14	0,14		

**Tabel 4.** Hasil perbandingan dengan dokumen kajian keselamatan radiasi RS Indriati solobaru

Titik Pengukuran	Laju Paparan ( $\mu\text{Sv/h}$ ) Vertikal	Laju Paparan ( $\mu\text{Sv/h}$ ) Horizontal	Paparan yang diizinkan ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Kesimpulan
Titik A	0.29	0.22	<b>3.05</b>	<b>Memenuhi</b>
Titik B	0.21	0.18	<b>3.05</b>	<b>Memenuhi</b>
Titik C	0.18	0.17	<b>3.05</b>	<b>Memenuhi</b>
Titik D	0.15	0.13	<b>3.05</b>	<b>Memenuhi</b>
Titik E	0.30	0.24	<b>0,305</b>	<b>Memenuhi</b>
Titik F	0.21	0.18	<b>0,305</b>	<b>Memenuhi</b>
Titik G	0.17	0.14	<b>3.05</b>	<b>Memenuhi</b>
Titik H	0.14	0.14	<b>0,305</b>	<b>Memenuhi</b>

Pada tabel 4 menggunakan asumsi workload maksimal ( $T=1$ ) atau faktor okupansi =1. Hasil kalibrasi adalah  $1 \mu\text{Sv/h}$ . Berdasarkan dokumen kajian keselamatan radiasi RS Indriati solobaru laju paparan radiasi yang diperbolehkan untuk pekerja radiasi tidak boleh melebihi  $3.05 \mu\text{Sv/h}$  dan untuk masyarakat umum tidak boleh melebihi  $0.305 \mu\text{Sv/h}$ . Sehingga pada daerah A, B, C, D dan G yang merupakan daerah untuk pekerja radiasi nilai laju paparan radiasi tidak melebihi dari yang ditetapkan dokumen kajian keselamatan radiasi yaitu  $3.05 \mu\text{Sv/h}$ . Untuk daerah E, F dan H yang merupakan daerah untuk masyarakat umum memiliki nilai laju paparan radiasi yang tidak melebihi dari yang ditetapkan dokumen kajian keselamatan radiasi yaitu  $0.305 \mu\text{Sv/h}$ . Hasil dari pengukuran laju paparan radiasi diatas masih dikategorikan aman bagi petugas radiasi dan masyarakat umum yang berada disekitar ruang pemeriksaan sinar-x konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solobaru.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No 1014/MENKES/SK/XI/2008 ukuran ruangan pemeriksaan sinar-X dibuat sesuai dengan kebutuhan atau besarnya alat. Namun ukuran minimal untuk pesawat konvensional tanpa fluoroscopy ialah  $4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}$  ini sudah termasuk dari standar ruangan radiologi untuk penggunaan pesawat sinar-X. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa luas ruangan pemeriksaan radiologi adalah  $5 \text{ m} \times 4,15 \text{ m} \times 3 \text{ m}$  dengan dinding beton setebal 15 cm yang dilapisi Pb 2 mm. Pintu ruang pemeriksaan dan pintu akses petugas menggunakan besi yang dilapisi Pb 2 mm, serta kaca Pb intip berukuran  $30 \times 30 \text{ cm}$ .

**Table 5.** Data Tabel Hasil Pengukuran Luas Bangunan Radiologi

	<b>Bidang</b>	<b>Hasil Pengukuran</b>
1.	Panjang Ruangan	5 meter
2.	Lebar Ruangan	4,15 meter
3.	Tinggi Ruangan	3 meter
4.	Luas Ruangan ( <i>pxl</i> )	20,75 meter

## **B. Pembahasan**

Cara dan hasil pengukuran laju paparan di ruang pemeriksaan Sinar-X konvensional di instalasi RS Indriyati Solo Baru :

1. Pengukuran laju paparan menggunakan surveymeter merk Ranger dengan nomor seri X205625 dan faktor kalibrasi  $1 \text{ } (\mu\text{Sv/jam})$ . Faktor eksposi yang digunakan adalah 80 kV, 320 mA dan 32 mAs. Untuk mengukur 8 titik yang telah ditentukan dengan jarak surveymeter ke dinding 30 cm. Penelitian ini menggunakan fantom sebagai pengganti objek pada saat ekspose dengan FFD 100 cm untuk horizontal dan FFD

150 cm untuk vertikal.

Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Novita Sari Tarigan (2021) di RSUD H. Abdul Manap Jambi. Pengukuran paparan dosis radiasi dilakukan dengan menggunakan variasi tegangan 48 kV, 50 kV, dan 52 Kv dan variasi jarak 1m, 2m, 3m. dengan 5 titik pengukuran. Sedangkan menurut Ranty kusnita (2021) di RSUD Patela Bumi Provinsi Riau. Faktor eksposi yang digunakan untuk pengukuran laju paparan radiasi adalah 70 kV dan 18 mAs. Dengan 5 titik pengukuran

Menurut peneliti dengan pengukuran 8 titik pada Ruang Pemeriksaan Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru sudah cukup untuk mengetahui hasil laju paparan.

2. Dilakukan pengujian laju paparan radiasi pada ruang pemeriksaan sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solobaru dengan berdasarkan PERKA Bapeten No 4. Tahun 2020. RS Indriati solobaru menetapkan batas aman paparan radiasi di daerah untuk pekerja radiasi adalah  $3,05 \mu\text{Sv/h}$  dan daerah untuk masyarakat umum adalah  $0,305 \mu\text{Sv/h}$ . Nilai laju paparan radiasi pada ruang pemeriksaan sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solobaru yang paling besar pada pengukuran di titik E posisi vertikal  $0,30 \mu\text{Sv/h}$  dan yang paling kecil pada titik D posisi horizontal  $0,13 \mu\text{Sv/h}$  nilai paparan ini tidak melebihi batas yang ditentukan oleh dokumen kajian keselamatan radiasi RS Indriati Solo Baru.

Hasil pengukuran ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Novita Sari Tarigan (2021) di RSUD H. Abdul Manap Jambi. Yang menyatakan bahwa hasil pengukuran Besar nilai dosis paparan yang dihasilkan dari variasi tegangan, jarak dan titik pengukuran yang berbeda yaitu dengan nilai rata-rata 0,08 mSv – 0,13 mSv dan nilai standar deviasi yang didapat yaitu 0,01 – 0,03 yang dapat dikatakan bahwa nilai data yang diperoleh cukup akurat.

Sedangkan menurut Ranty Kusnita (2021) di RSUD Patela Bumi Provinsi Riau. Hasil pengukuran laju paparan radiasi pada daerah A 0,011 mR/jam, daerah B 0,017 mR/jam, daerah C dan D 0,005 mR/jam, dan daerah E 0,001 mR/jam. Kelima hasil tersebut tidak melampaui laporan IAEA Safety Reports NO. 47 untuk daerah pekerja radiasi 2,5 mR/jam dan daerah masyarakat umum 0,25 mR/jam

Artinya hasil pengukuran dari arah vertikal dan horizontal memiliki nilai paparan yang aman yaitu tidak melebihi 3,05  $\mu$ Sv/h. Hal ini dikarenakan karena jarak sumber ke daerah A, B, C, D dan G cukup jauh dengan sumber radiasi yaitu lebih dari 3 m dan ditambah dengan ketebalan dinding yang terbuat dari beton 15 cm dan Pb 2 mm. Untuk daerah masyarakat umum seperti daerah E, F dan H juga memiliki nilai paparan dalam batas aman yaitu tidak melebihi dari nilai yang telah ditentukan 0,305  $\mu$ Sv/h. Karena bangunan tersebut dibangun dengan dinding beton setebal 15 cm dan itu sudah sama

dengan Pb setebal 2 mm. Pengukuran menggunakan pemilihan faktor eksposi yang tinggi yaitu 80 KV dan 32 mAs dilakukan untuk mendapatkan perkiraan tingkat paparan maksimum. Hasil dari pengukuran laju paparan radiasi diatas masih dikategorikan aman bagi petugas radiasi dan masyarakat umum yang berada disekitar ruang pemeriksaan sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan oleh penulis, di dapatkan hasil pengukuran pada titik Pengukuran laju paparan menggunakan surveymeter merk Ranger dengan nomor seri X205625 dan faktor kalibrasi 1 ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ ). Faktor eksposi yang digunakan adalah 80 kV, 320 mA dan 32 mAs. Untuk mengukur 8 titik yang telah ditentukan dengan jarak surveymeter ke dinding 30 cm. Penelitian ini menggunakan fantom sebagai pengganti objek pada saat ekspose dengan FFD 100 cm untuk horizontal dan FFD 150 cm. .

RS Indriati solobaru menetapkan batas aman paparan radiasi di daerah untuk pekerja radiasi adalah  $3,05 \mu\text{Sv}/\text{h}$  dan daerah untuk masyarakat umum adalah  $0,305 \mu\text{Sv}/\text{h}$ . Nilai laju paparan radiasi pada ruang pemeriksaan sinar-X konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solobaru yang paling besar pada pengukuran di titik E posisi vertikal  $0,30 \mu\text{Sv}/\text{h}$  dan yang paling kecil pada titik D posisi horizontal  $0,13 \mu\text{Sv}/\text{h}$  nilai paparan ini tidak melebihi batas yang ditentukan oleh dokumen kajian keselamatan radiasi RS Indriati solobaru.

#### **B. Saran**

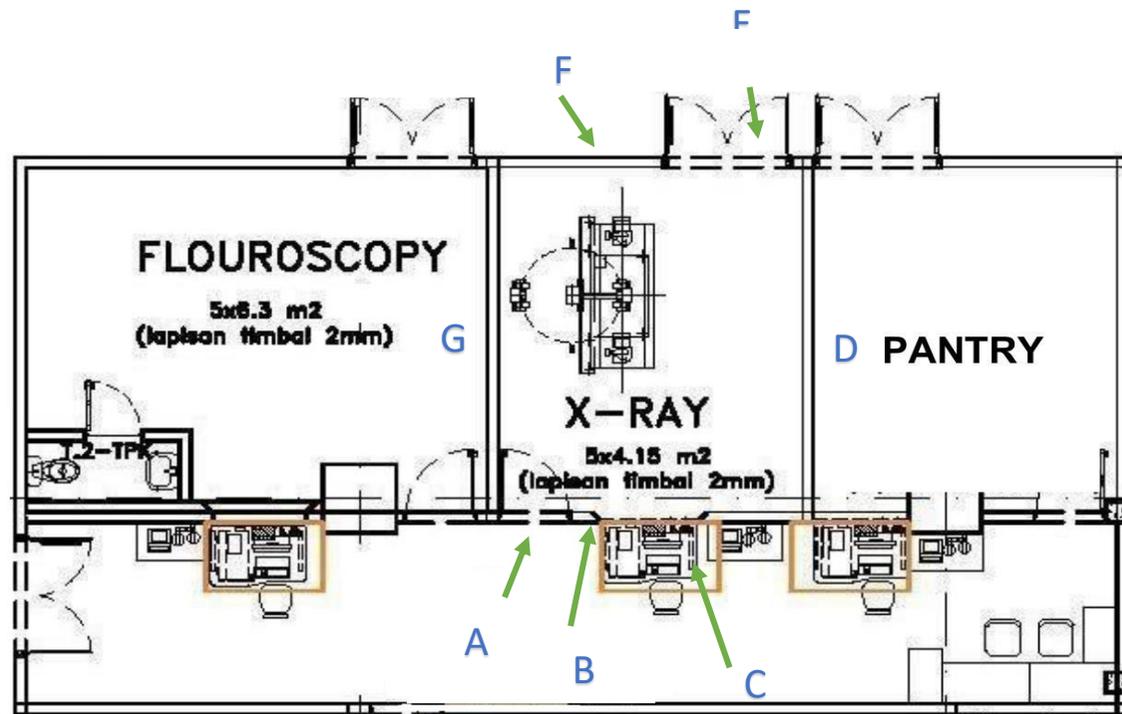
Sebaiknya dilakukan pengukuran laju paparan setahun sekali atau jika dicurigai terjadi kerusakan ruang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, Mukhlis, 2015. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*. Jakarta : PT. Rineka Cipta
- Bapeten, 2013, *Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir No. 4 Tahun 2013 tentang keselamatan Radiasi Pada Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta
- Bapeten, 2020. *Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir No. 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi Pada Penggunaan Pesawat Sinar-X Dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. Jakarta : Bapeten.
- Bushong, Stewart Carlyle, 2017. *Radiologic Science for TechNologists Physisc, Biology, and Protection* 11<sup>th</sup> Ed. Missouri : Elsevier
- Fosbinder, R., & Orth, D. (2012). *Essential of Radiologic Science*. China : Wolters Kluwer Health Lippincott Williams & Wilkins.
- Hiswara, Eri. 2015. *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Batan Press : Batan.
- Kusnita, R. 2021, *Pengukuran Laju Papar Radiasi Pada Ruang Pemeriksaan Di Instalasi Radiologi RSUD Patela Bumi Riau, STIKES Awal Bros Pekanbaru*.
- Rini Indarti, S. M., Edy Susanto, Yeti Kartikasari, Ardi Soesilo Wibowo, dkk. 2017. *Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik dan Intervensional*. Magelang : Inti Media Pustaka.
- Sihombing, I., 2020, *Pengukuran Laju Papar Dosis Radiasi Pesawat Sinar X Di Laboratorium Radiologi Stikes Senior Medan, STIKES Senior Medan*.
- Tandiyo, I., 2022, *Laporan Kajian Keselamatan Radiasi Instalasi Radiologi Diagnostig Dan Intervensional, RS Indriati Solo Baru, Sukoharjo*.
- Tarigan, N, S., 2021, *Analisis Dosis Paparan Radiasi Ruang Sinar X di Unit Radiologi RSUD H. Abdul Manap Jambi, Fakultas Sains Teknologi Universitas Jambi*.

## LAMPIRAN

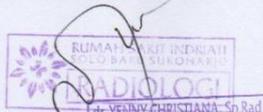
Lampiran 1. Denah Titik Pengukuran Laju Paparan



**Lampiran 2. Jadwal Penelitian**

No	Kegiatan	Tahun 2024						
		Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt
1	Persiapan Penelitian	■						
	a. Pengajuan Draf Judul Penelitian		■					
	b. Pengajuan Proposal			■				
	c. Pendaftaran Ujian Proposal			■				
	d. Ujian Proposal KTI				■			
2	Pelaksanaan					■		
	a. Pengumpulan data					■	■	
	b. Analisis data						■	
3	Penyusunan laporan						■	■

### Lampiran 3. Surat Izin Penelitian

 <p>RUMAH SAKIT <b>INDRIATI</b> SOLO BARU - SUKOHARJO</p> <p>rsind@rsindriati.com 0271 - 5722 000   IGD 0271 - 5722 999 www.rsindriati.com Jl. Palem Raya Langenharjo Solo Baru, Sukoharjo</p>	 <p>TERAKREDITASI PARIPURNA KARS</p>
Sukoharjo, 27 Juni 2024	
No : 045/SBRT/EXT/RAD/VI/2024 Hal : Surat Balasan Permohonan Ijin Penelitian	Kepada Yth, Kaprodi Poltekkes D3 Radiologi Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta
Dengan Hormat,	
Menindaklanjuti surat dari Kaprodi Poltekkes D3 Radiologi Poltekkes TNI AU Adisutjipto Yogyakarta mengenai surat permohonan mahasiswa sebagai berikut:	
Nama : Joni Iskandar NIM : 21230018 Nomor Surat : B/76/IV/2024/RAD Tanggal Surat : Mei 2024 Tanggal Masuk : 20 Juni 2024 Perihal : Permohonan Ijin Penelitian Judul Penelitian : <b>"Pengukuran Laju Paparan Radiasi Pada Ruang Pemeriksaan Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RS Indriati Solo Baru"</b>	
Sehubungan dengan hal tersebut, kami menyetujui pengumpulan data untuk penelitian di Rumah Sakit Indriati Solo Baru dan diharapkan hasil penelitian juga disampaikan kepada kami sebagai bahan evaluasi terhadap peningkatan mutu pelayanan di Rumah Sakit Indriati Solo Baru Demikian surat ini kami sampaikan agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.	
Hormat kami, Kepala Instalasi Radiologi	
 Dr. Yenny Christiana, Sp.Rad 08851P-DrSp-V2017	
	

### Lampiran 4. Dokumentasi Pengukuran



**Lampiran 5.** Hasil Pengukuran

<b>Titik Pengukuran</b>	<b>Hasil baca Surveymeter Vertikal (<math>\mu\text{Sv/h}</math>)</b>	<b>Hasil baca Surveymeter Horizontal (<math>\mu\text{Sv/h}</math>)</b>	<b>Radiasi beckground</b>
Titik A	0,350	0,280	0,060
	0,350	0,300	
	0,340	0,280	
Titik B	0,280	0,220	
	0,260	0,200	
	0,280	0,240	
Titik C	0,250	0,200	
	0,220	0,200	
	0,240	0,220	
Titik D	0,220	0,190	
	0,200	0,170	
	0,220	0,200	
Titik E	0,350	0,320	
	0,350	0,300	
	0,380	0,300	
Titik F	0,290	0,250	
	0,260	0,230	
	0,260	0,220	
Titik G	0,240	0,200	
	0,220	0,190	
	0,220	0,200	
Titik H	0,200	0,200	
	0,200	0,190	
	0,200	0,200	

## Lampiran 6. Sertifikat Kalibrasi Surveymeter

	<b>DEPUTI BIDANG INFRASTRUKTUR RISET DAN INOVASI</b> <b>DIREKTORAT PENGELOLAAN LABORATORIUM, FASILITAS RISET, DAN</b> <b>KAWASAN SAINS DAN TEKNOLOGI</b> <b>LABORATORIUM TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI</b> Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440 Telp.(021) 7513906, E-mail: ltkmr@brin.go.id	
<b>LAMPIRAN / ATTACHMENT</b> <b>No. 67392-2 / LT / KAUR / 12 / 2023</b> <b>Tanggal / Date: 06 Desember 2023 / December 6, 2023</b>		
<b>KONDISI KALIBRASI</b> <b>CALIBRATION CONDITION</b>		
Tekanan / Suhu / Kelembaban <i>Pressure/Temperature/Humidity</i> : 1007 mbar / 20,0 °C / 55 %		
Posisi detektor <i>Detector Positioning</i> : Tegak lurus pada sumbu berkas radiasi Perpendicular to the radiation beam axis		
Medan Radiasi <i>Radiation Field</i> : Terkolimasi Collimated		
Jarak sumber – detektor <i>Source to detector distance (SDD)</i> : 200 cm		
Laju dosis standar <i>Standard dose rate</i> : 79 µSv/h		
<b>HASIL KALIBRASI</b> <b>CALIBRATION RESULT</b>		
<u>Rentang / Skala</u> <i>Range / Scale</i>	<u>Faktor Kalibrasi</u> <i>Calibration Factor</i>	<u>Ketidakpastian</u> <i>Uncertainty</i> ( % )
µSv/h	1	7,4
<ul style="list-style-type: none"><li>• Faktor kalibrasi harus dikalikan dengan bacaan alat ukur radiasi. <i>The Calibration factor must be multiplied by the radiation measuring instrument readings</i></li><li>• Ketidakpastian bentangan pada faktor kalibrasi dalam sertifikat ini diperoleh dari ketidakpastian standar gabungan dikalikan dengan faktor cakupan k=2, dengan tingkat kepercayaan 95 %. <i>The expanded uncertainty of calibration factor in this certificate is based on the combined standard uncertainty multiplied by a coverage factor of k=2, which provides a confidence level approximately 95%.</i></li></ul>		
<b>CATATAN / REMARKS :</b> Berdasarkan Pasal 11 Peraturan Kepala BAPETEN No.1/2006, kalibrasi ini dilakukan secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam 1 (satu) tahun. <i>Based on article of the BAPETEN Chairman Decree No.1/2006, this calibration should be performed periodically at least once in a year.</i>		
Laboratorium Kalibrasi Alat Ukur Radiasi Manajer,   <b>Asep Setiawan, M.Si</b> NIP. 19721226 199303 1 003		
	Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BSRE, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code	FM 001 SOP 014.003/KAUR (Januari 2023) Hal. 2 dari 2/Page 2 of 2



**SERTIFIKAT KALIBRASI**  
**CALIBRATION CERTIFICATE**  
**No. 67392-2 / LT / KAUR / 12 / 2023**

**IDENTITAS PEMILIK / OWNER IDENTITY :**

Nama / Name : Rumah Sakit Indriati Solo Baru - Sukoharjo  
Alamat / Address : Jl. Palem Raya Langenharjo Solo Baru, Sukoharjo  
No. Permohonan / Request No. : 67392  
Diterima / Accepted : 22 November 2023 / November 22, 2023

**ALAT UKUR RADIASI YANG DIKALIBRASI / INSTRUMENT CALIBRATED :**

Nama / Jenis Alat : Surveimeter Gamma  
Name / Type of Instrument : Gamma Surveymeter  
Tipe & No.Seri Elektrometer : Ranger EXP Sn. X205379  
Electrometer Type & Serial No.  
Tipe & No. Seri Detektor : -  
Detector Type & Serial No.  
Fabrikan / Manufacturer : S.E. International

**ALAT UKUR RADIASI STANDAR / STANDARD RADIATION INSTRUMENT :**

Tipe & No. Seri Elektrometer : Keithley 6517B # 1331921  
Electrometer Type & Serial No.  
Tipe & No. Seri Detektor : Exradin A6 # XQ100534  
Detector Type & Serial No.  
Ketertelusuran / Traceability : SI melalui LDSS / SI through SSDL  
No. Sertifikat / Certificate No. : B-1261/LT/SSDL/06/2023

**METODE KALIBRASI / CALIBRATION METHOD :**

Kalibrasi telah dilakukan pada tanggal **01 Desember 2023** dengan metode substitusi (*IAEA Safety Reports Series No. 16, 2000*). Detektor disinari di medan radiasi standar gamma  $^{137}\text{Cs}$ .  
*The calibration has been performed on December 1, 2023 by the substitution method (IAEA Safety Reports Series No. 16, 2000). Detector was exposed in a standart gamma radiation field of  $^{137}\text{Cs}$ .*

Kondisi Kalibrasi / Calibration Condition : Terlampir / Attached  
Hasil Kalibrasi / Calibration Result : Terlampir / Attached  
Tanggal Dikeluarkan / Date of Issue : **06 Desember 2023 / December 6, 2023**

Laboratorium Kalibrasi Alat Ukur Radiasi  
Manajer,



Asep Setiawan, M.Si  
NIP. 19721226 199303 1 003