PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN

KARYA TULIS ILMIAH

Oleh :

DEKA FADHIL
NIM. 202211402031

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS AWAL BROS
2025

PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN

KARYA TULIS ILMIAH

Diajukan sebagai persyaratan memperoleh gelar
Ahli Madya Kesehatan

Oleh :

DEKA FADHIL
NIM. 202211402031

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK RADIOLOGI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS AWAL BROS
2025

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah telah diperiksa, disetujui dan siap untuk dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Awal Bros.

JUDUL	:	PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN
PENYUSUN	:	DEKA FADHIL
NIM	:	202211402031

Pekanbaru, 09 Juli 2025

Pembimbing I	Pembimbing II
Aulia Annisa, M.Tr.ID	Danil Hulmansyah, M.Tr.ID
NIDN. 1014059304	NIDN. 1029049102

Mengetahui
Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi
Fakultas Ilmu Kesehatan
Universitas Awal Bros

Shelly Angella, M.Tr.Kes
NIDN. 1022099201

LEMBAR PENGESAHAN

Karya Tulis Ilmiah:

Telah disidangkan dan disahkan oleh Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Awal Bros.

JUDUL	:	PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN
PENYUSUN	:	DEKA FADHIL
NIM	:	202211402031

Pekanbaru, 08 Agustus 2025

1. Penguji I : Shelly Angella, M.Tr.Kes ( )
   NIDN. 1022099201
2. Penguji II : Aulia Annisa, M.Tr.ID ( )
   NIDN. 1014059304
3. Penguji III : Danil Hulmansyah, M.Tr.ID ( )
   NIDN. 1029049102

Mengetahui
Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi
Fakultas Ilmu Kesehatan
Universitas Awal Bros

Shelly Angella, M.Tr.Kes
NIDN. 1022099201

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	Deka Fadhil
Judul	:	Prosedur Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan
NIM	:	202211402031

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam KTI ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Kesehatan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya/pendapat yang pernah ditulis/diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 07 Juli 2025

(Deka Fadhil)

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

"Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri"

(Q.S Ar-Ra'd Ayat 11)

Alhamdulillahirabbil‌ ‘alamin‌ segala‌ puji‌ dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat ridho-Nya peneliti diberikan kesehatan, keselamatan, serta kesempatan untuk menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini. Shalawat beserta salam kita kirimkan kepada Nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari zaman jahiliyah kepada zaman yang terang benderang saat ini. Rasa bangga dan syukur sampai dititik ini, dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah, meskipun jauh dari kata sempurna dan tidak akan pernah sempurna. Karya Tulis Ilmiah ini Penulis persembahkan untuk :

1. Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan Karya Tulis Ilmiah ini kepada Papa dan Mama yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan.
2. Kepada abang kandung saya Mulia Habibi, terima kasih atas dukungan, semangat, dan motivasi yang tak pernah putus selama proses penulisan Karya Tulis Ilmiah ini. Kehadiran dan perhatian kalian menjadi penguat dalam setiap langkah dan tantangan yang dilalui.

3. Kepada ibu Aulia Annisa, M.Tr.ID dan bapak Danil Hulmansyah, M.Tr.ID selaku dosen pembimbing dan ibu Shelly Angella, M.Tr.Kes selaku dosen penguji. Terima kasih sedalam-dalamnya saya ucapkan karena telah memberikan ilmu, arahan, saran dan masukan kepada saya serta sabar dalam membimbing selama proses pembuatan Karya Tulis Ilmiah. Terima kasih juga kepada Bapak T Mohd Yoshandi, M.Sc dan ibu Devi Purnamasari, S.Psi.,MKM selaku dosen pembimbing akademik saya selama perkuliahan. Semoga apa yang telah diajarkan kepada saya, mendapatkan balasan dari Allah SWT.
4. Terima kasih kepada seluruh teman-teman radiologi angkatan 22 yang saling support dan mengingatkan serta teman-teman seperjuangan "Jantan Radiologi 22", yang selalu menghibur dan membantu saya baik dari segi materil maupun moril. Saya ucapkan terima kasih banyak. Semoga kita bertemu kembali dengan *top of career* kita masing-masing.
5. Terima kasih kepada teman solidaritas saya "Ahmad Bersaudara" yang telah memberikan dukungan dan hiburan selama saya bersekolah hingga sampai saat ini.
6. Terimakasih untuk motor *custom* tercinta saya, Seno. Telah menemani perjalanan saya selama masa perkuliahan, senang dan susah telah dilampaui bersama. Seno mungkin tidak memberikan tanggapan dan tidak membalas ketika saya bercerita, tetapi Seno selalu ada di setiap kilometer perjalanan hidup saya.

Sebagai penutup persembahan ini, izinkan saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa,

dukungan, serta motivasi dalam proses penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini. Segala doa, dukungan, dan kebaikan yang telah tercurah semoga senantiasa mendapat balasan terbaik dari Allah SWT.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Nama	: Deka Fadhil
Tempat/Tanggal Lahir	: Rengat/04 Desember 2003
Agama	: Islam
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Anak ke	: 2 (dua)
Status	: Mahasiswa
Nama Orang Tua	
Ayah	: Amraini
Ibu	: Aflaini
Alamat	: Jl. Komplek Pasar Rengat

Latar Belakang Pendidikan

Tahun 2010 s/d 2016	: SDN 011 Rengat	(Berijazah)
Tahun 2016 s/d 2019	: SMPN 1 Rengat	(Berijazah)
Tahun 2019 s/d 2022	: SMAN 1 Rengat	(Berijazah)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT, yang dengan segala anugerahnya-NYA penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini tepat pada waktunya yang berjudul **"PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN"**

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

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

1. Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang yang selalu memberikan nikmat dan rahmat yang tak terhingga.
2. Kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi dan cintai. Papa saya Amraini dan mama saya Aflaini. Terimakasih yang sebesar-besarnya karena telah

memberikan dorongan dan dukungan berupa moril maupun materil, sehingga Karya Tulis Ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik.

3. Abang saya, yang selalu senantiasa memberikan semangat untuk segera menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah.
4. Ibu Dr. Yulianti Wulandari, SKM.,MARS sebagai Rektor Universitas Awal Bros .
5. Ibu Shelly Angella, M.Tr.Kes sebagai Ketua Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros.
6. Ibu Aulia Annisa M.Tr.ID sebagai Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan saran dan arahan dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah.
7. Bapak Danil Hulmansyah M.Tr.ID sebagai Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan saran dan arahan dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
8. Segenap dosen Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros, yang telah memberikan dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan.
9. Semua rekan-rekan dan teman seperjuangan khususnya Program Studi Diploma III Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Angkatan 2022.
10. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penulisan Karya Tulis ilmiah ini yang tidak dapat peneliti sampaikan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini dan penulis berharap kiranya Karya Tulis Ilmiah ini bermanfaat bagi kita semua.

Pekanbaru, 18 April 2025

Deka Fadhil

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP ix
KATA PENGANTAR x
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR PERSAMAAN xvii
DAFTAR LAMPIRAN xviii
DAFTAR SINGKATAN xix
ABSTRAK xx
ABSTRACT xxi

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1 Tinjauan Teoritis 8
2.1.1 Radiasi 8
2.1.2 Sinar-X 10
2.1.3 Proteksi Radiasi 20
2.1.4 Tabung Pesawat Sinar-X 23
2.1.5 Kebocoran Radiasi 27
2.1.6 *Surveymeter* 31
2.1.7 Uji Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X 33
2.2 Kerangka Teori 37
2.3 Penelitian Terkait 38

BAB III METODE PENELITIAN 39
3.1 Jenis dan Desain Penelitian 39
3.2 Objek Penelitian 39
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 40
3.4 Instrumen Penelitian 40
3.5 Prosedur Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X 41
3.6 Diagram Alur Penelitian 43
3.7 Metode Pengumpulan Data 44
3.8 Analisis Data 44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 46
4.1 Deskripsi Hasil Penelitian 46
4.2 Hasil Penelitian 46

4.3 Pembahasan 59

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 64
5.1 Kesimpulan 64
5.2 Saran 64

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Penelitian Terkait 38
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran *Surveymeter* 56
Tabel 4.2 Hasil Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X..... 58

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Klasifikasi Radiasi Secara Umum 9
Gambar 2.2 Proses terjadinya sinar-x 12
Gambar 2.3 Pembentukan Sinar-X *Bremsstrahlung* 13
Gambar 2.4 Proses Pembentukan Sinar-X Karakteristik 14
Gambar 2.5 Mekanisme Efek Fotolistrik 17
Gambar 2.6 Hamburan *Compton* 18
Gambar 2.7 Tabung Pesawat Sinar-X 27
Gambar 2.8 Kerangka Teori 37
Gambar 3.1 Pesawat Sinar-X 40
Gambar 3.2 *Surveymeter* 41
Gambar 3.3 Alur Penelitian 43
Gambar 4.1 Nilai *Background* Instalasi Radiologi RSUD Selasih 48
Gambar 4.2 Jarak 100 cm dari Posisi Tabung Sinar-X 49
Gambar 4.3 Penandaan Jarak Menggunakan Selotip 50
Gambar 4.4 Menutup Jendela Kolimator 50
Gambar 4.5 Mengatur Faktor Eksposi 51
Gambar 4.6 Pengaturan Faktor Eksposi 51
Gambar 4.7 Berdiri Pada Titik yang Ditandai dengan Memperhatikan *Surveymeter* 52
Gambar 4.8 Nilai Hasil Pengujian Kebocoran Radiasi Menggunakan *Surveymeter* (μSv/h) 53
Gambar 4.9 Ilustrasi Pengukuran Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X Tampak Atas 54
Gambar 4.10 Ilustrasi Pengukuran Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X Tampak Depan 55
Gambar 4.11 Grafik Hasil Kebocoran Radiasi Tiap Titik Tabung Pesawat Sinar-X 58

DAFTAR PERSAMAAN

Halaman

Persamaan 4.1 Nilai Radiasi Sebenarnya 44
Persamaan 4.2 Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X 45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X KEMENKES No. 1250 Tahun 2009
Lampiran 2. Surat Permohonan Izin Survey Awal
Lampiran 3. Surat Balasan Izin Survey Awal
Lampiran 4. Surat Izin Penelitian
Lampiran 5. Surat Balasan Izin Penelitian
Lampiran 6. Surat Permohonan Persetujuan Etik
Lampiran 7. Surat Rekomendasi Persetujuan Etik
Lampiran 8. Data Hasil Uji Paparan Radiasi RSUD Selasih Pelalawan Tahun 2022
Lampiran 9. Lembar Observasi Penelitian
Lampiran 10. Pengelolaan Data Nilai Rata - Rata Pengukuran *Surveymeter*
Lampiran 11. Pengelolaan Data Hasil Pengukuran *Surveymeter* Sebenarnya
Lampiran 12. Pengelolaan Data Nilai Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X
Lampiran 13. Lembar Konsul Pembimbing I
Lampiran 14. Lembar Konsul Pembimbing II

DAFTAR SINGKATAN

RSUD : Rumah Sakit Umum Daerah
IAEA : *International Atomic Energy Agency*
KMK : Keputusan Menteri Kesehatan
BAPETEN : Badan Pengawas Tenaga Nuklir
KEMENKES RI : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
BATAN : Badan Tenaga Nuklir Nasional
APD : Alat Pelindung Diri
NBD : Nilai Batas Dosis
QC : *Quality Control*
Cm : *Centimeter*
M : Meter
mSv/h : *Milisievert per hour*
mR/h : *Miliroengent per hour*
MeV : *Mega Elektron Volt*
kVp : *Kilovoltage Page*
Pb : Plumbum
mAs : *Miliampere second*
mGy : *Miligray*
Max : *Maximum*

PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN

Deka Fadhil[1)]
[1)]Universitas Awal Bros

Email : dekaafadhil@gmail.com

ABSTRAK

Radiologi berperan penting dalam diagnosis medis dengan memanfaatkan sinar-X, namun paparan radiasi yang tidak terkendali dapat menimbulkan efek negatif. Pengujian kebocoran tabung sinar-X, menjadi krusial untuk meminimalkan risiko tersebut. Observasi di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan menunjukkan bahwa pengujian kebocoran radiasi belum dilakukan selama tiga tahun. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kebocoran radiasi tabung sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan, mengingat perawatan rutin kebocoran radiasi dilakukan sekali setahun.

Penelitian menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan observasional pada bulan Juni 2025. Instrumen utama berupa *surveymeter* yang telah dikalibrasi, dengan pengambilan data dilakukan pada lima titik berbeda di sekitar tabung sinar-X dengan jarak pengukuran 100 cm dan faktor eksposi yang digunakan yaitu 141 kV dan 160 mA.

Hasil penelitian menunjukkan prosedur pengujian kebocoran radiasi telah dilaksanakan sesuai dengan standar keselamatan radiasi, yaitu kombinasi landasan PERKA BAPETEN No. 15 Tahun 2014 dan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009. Kebocoran radiasi tertinggi terjadi di posisi belakang tabung (0,0099 mGy/jam), sedangkan terendah di posisi kanan (0,0013 mGy/jam). Total kebocoran radiasi sebesar 0,024 mGy/jam.

Kata Kunci : Kebocoran, Pengujian, Sinar-X
Kepustakaan : 31 (2009-2024)

PROCEDURE FOR TESTING RADIATION LEAKAGE OF X-RAY AIRCRAFT TUBES AT THE RADIOLOGY INSTALLATION OF SELASIH PELALAWAN HOSPITAL

Deka Fadhil[1)]
[1)]Universitas Awal Bros

Email : *dekaafadhil@gmail.com*

ABSTRACT

Radiology plays a crucial role in medical diagnosis using X-rays, but uncontrolled radiation exposure can have negative effects. Leak testing for X-ray tubes is crucial to minimize this risk. Observations at the Radiology Unit of Selasih Pelalawan Regional Hospital (RSUD Selasih Pelalawan) indicate that radiation leakage measurements have not been conducted for three years. This study aims to measure radiation leakage from X-ray tubes at the Radiology Unit of Selasih Pelalawan Regional Hospital, considering that routine radiation leakage maintenance is performed once a year.

The study used a quantitative descriptive method with an observational approach in June 2025. The main instrument was a calibrated survey meter, with data collected at five different points around the X-ray tube, with a measurement distance of 100 cm and exposure factors of 141 kV and 160 mA.

The results showed that the radiation leakage measurement procedure was implemented in accordance with radiation safety standards, which are a combination of PERKA BAPETEN No. 15 of 2014 and KEMENKES No. 1250 of 2009. The highest radiation leakage occurred at the rear of the tube (0.0099 mGy/hour), while the lowest was at the right (0.0013 mGy/hour). Total radiation emissions were 0.024 mGy/hour.

Keywords **:** *Leakage, Testing, X-ray*
Literature **:** 31 (2009-2024)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radiologi merupakan cabang ilmu kedokteran yang memfokuskan studi pada teknik pencitraan struktur internal tubuh manusia melalui pemanfaatan sinar-X sebagai sumber radiasi untuk merekam gambar diagnostik. Tujuan dari radiologi adalah untuk mengidentifikasi kondisi organ dalam tubuh, sehingga penyakit yang dialami oleh pasien dapat terdeteksi dengan akurat (Nurvan et al., 2023). Radiodiagnostik merupakan suatu disiplin ilmu dalam bidang radiologi yang mengaplikasikan modalitas pencitraan berbasis radiasi pengion guna menegakkan diagnosis berbagai kondisi patologis (Pratiwi & Yunawati, 2021).

Sinar-X, sebagai salah satu bentuk radiasi pengion, memiliki peran krusial dalam bidang diagnostik dengan memungkinkan identifikasi dini berbagai kelainan atau penyakit pada struktur organ tubuh manusia. (Dianasari & Koesyanto, 2017). Penggunaan radiasi pengion seperti sinar-X telah memberikan manfaat dalam berbagai kehidupan salah satunya yaitu bidang kesehatan, tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa penggunaannya yang bermanfaat bagi dunia kesehatan, sinar-X juga dapat memberikan efek negatif bagi seluruh makhluk hidup jika terkena paparan radiasi yang berlebihan. Efek merugikan tersebut dapat terjadi apabila tubuh menerima paparan radiasi pengion dalam jumlah yang besar atau tidak memenuhi aturan standar yang berlaku (Prameswari et al., 2024).

Dampak negatif yang ditimbulkan oleh paparan radiasi pengion umumnya dibedakan menjadi dua kategori, yaitu efek stokastik dan deterministik. Efek stokastik terjadi tanpa adanya ambang batas dosis tertentu, sehingga bahkan pada paparan radiasi yang sangat rendah pun tetap berpotensi menyebabkan perubahan biologis. Sementara itu, efek deterministik muncul ketika individu menerima dosis radiasi melebihi ambang tertentu, dan biasanya gejala atau kerusakan mulai terlihat dalam waktu relatif singkat setelah terjadinya paparan. (Rahman & Harjanto, 2023).

Pemeriksaan radiologi yang bertujuan untuk mendiagnosis dan perawatan medis sesuai dengan indikasi tertentu, menyebabkan paparan radiasi pengion terhadap pasien dan populasi yang ada disekitarnya menjadi hal yang tidak bisa dihindari. Dosis radiasi yang diberikan perlu dicatat dengan baik dalam setiap pemeriksaan radiografi. Hal ini penting mengingat adanya efek negatif dari radiasi pengion yang berdampak bagi tubuh manusia yang disebabkan oleh durasi dan besaran dosis yang diterima. Penerapan perlindungan radiasi yang tepat sangat penting untuk diperhatikan dalam setiap pemeriksaan radiologis, mengingat konsekuensi negatif potensial dari paparan radiasi pengion sinar-X (Rahman et al., 2020).

Salah satu pencegahan yang dilakukan untuk mereduksi efek negatif dari radiasi pengion adalah penerapan proteksi radiasi. Proteksi radiasi merupakan upaya pengendalian paparan radiasi melalui penetapan batas dosis yang dapat diterima oleh pekerja maupun masyarakat umum, disertai dengan tindakan untuk meminimalkan dampak merusak dari radiasi (Wahyuni et al., 2024). Berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2020, proteksi

radiasi bertujuan untuk mencegah timbulnya efek deterministik serta menurunkan kemungkinan munculnya efek stokastik hingga tingkat serendah mungkin. (BAPETEN, 2020).

Salah satu penerapan proteksi radiasi akibat paparan radiasi yang tidak diinginkan adalah menerapkan pengujian kebocoran tabung sinar-X. Kebocoran tabung sinar-X adalah kondisi dimana pengeksposan radiasi primer sinar-X yang mampu menembus komponen pelindung wadah tabung sinar-X (IAEA, 2018). Kebocoran ini dapat terjadi karena adanya kerusakan pada tabung sinar-X yang telah lama tidak dilakukannya perawatan tabung sinar-X ataupun komponen tersebut rusak yang disebabkan oleh masa pemakaian. Menurut Peraturan KMK No 1250 Tahun 2009, pengujian kebocoran tabung sinar-X dilakukan dalam skala waktu 1 (satu) kali dalam setahun atau setelah perbaikan/ setelah perawatan rumah tabung dan kolimator (KEMENKES, 2009).

Berdasarkan ketentuan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1250 Tahun 2009, aspek kualitas layanan dan jaminan keselamatan dalam praktik radiodiagnostik menempati posisi krusial mengingat implikasi risikonya yang bersifat multisektoral, mencakup potensi bahaya terhadap tenaga kesehatan, penerima layanan, maupun ekosistem sekitar apabila implementasinya keluar dari standar. Salah satu upaya untuk menjamin kualitas pelayanan adalah melalui kendali mutu (*quality control*), khususnya pada peralatan sumber radiasi, guna memastikan produk yang dihasilkan memiliki kualitas tinggi dan meminimalkan kesalahan yang menyebabkan paparan radiasi berulang. Peningkatan mutu, kenyamanan, dan keselamatan memerlukan penerapan pengendalian mutu, salah satunya adalah uji kebocoran

tabung sinar-X yang harus dilakukan secara rutin minimal setahun sekali untuk mencegah paparan radiasi berbahaya bagi pasien dan pekerja (Indrati et al., 2017; Rusli & Tunny, 2023).

Paparan radiasi bocor dari peralatan sinar-X dapat menimbulkan risiko kesehatan signifikan bagi manusia karena mampu memicu berbagai dampak biologis (Rahman et al., 2020). Sebagai bentuk pengendalian risiko, Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014 menetapkan standar pengujian kebocoran radiasi khususnya pada pesawat sinar-X radiografi umum. Standar tersebut mensyaratkan bahwa hasil pengukuran kebocoran radiasi pada housing tabung sinar-X tidak boleh melebihi 1 mGy/jam untuk dinyatakan memenuhi persyaratan keselamatan (BAPETEN, 2014).

Pengujian kebocoran tabung sinar-X adalah langkah krusial guna memastikan tidak ada radiasi yang lolos dari rumah tabung, mengingat komponen rumah tabung dirancang untuk menahan radiasi sepenuhnya. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa peralatan telah memenuhi standar keselamatan radiasi yang telah ditetapkan dan juga dapat mengidentifikasi adanya kerusakan pada komponen tertentu yang memerlukan perbaikan atau penggantian. Pengujian kebocoran tabung sinar-X dilakukan untuk mencegah masalah yang lebih serius, yang dapat berdampak negatif pada kualitas citra sinar-X (Carmelia et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Carmelia dkk (2023) dalam pengujian kebocoran tabung sinar-X telah dilakukan dengan menggunakan alat *surveymeter* pada jarak 100 cm di berbagai titik pengukuran. Alat ini sering digunakan dalam berbagai hal pengujian, salah satunya di bidang radiologi dan

keselamatan radiasi. *Surveymeter* adalah alat pengukuran berbagai jenis radiasi seperti sinar-X, sinar gamma, atau sinar beta yang digunakan untuk mengukur tingkat paparan radiasi di suatu area dalam bacaan *microsieverts per hour* (μSv/h) atau *miliroentgens per hour* (mR/h) (Suzuki et al., 2023). Pengujian kebocoran tabung sinar-X, *surveymeter* menjadi peran penting dalam mengukur paparan radiasi yang keluar dari tabung sinar-X yang seharusnya terlindungi oleh komponen tabung tersebut.

Hasil observasi penulis di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan menunjukkan bahwa tabung pesawat sinar-X di rumah sakit tersebut belum dilakukannya pengujian kebocoran radiasi selama tiga tahun. Kejadian tersebut tidak sesuai dengan peraturan KMK No. 1250 Tahun 2009, yang menyebutkan pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X wajib dilakukan secara rutin dengan frekuensi 1 (satu) tahun sekali atau setelah perbaikan, perawatan rumah tabung, dan kolimator. Sebagai salah satu rumah sakit terbesar yang ada di Pelalawan, rumah sakit tersebut kerap dikunjungi pasien untuk berobat, termasuk pemeriksaan radiologi guna diagnosis berbasis pencitraan sinar-X. Tingginya frekuensi kunjungan pasien membuat penggunaan pesawat sinar-X berjalan secara konstan. Kondisi ini tentu menimbulkan kekhawatiran bagi petugas radiologi maupun pasien yang ada disekitar ruangan tersebut. Tanpa pengujian kebocoran radiasi yang memadai, paparan radiasi lebih berisiko terjadi. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukam penelitian dalam bentuk karya tulis ilmiah yang berjudul **"PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN"**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, penulis merumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1.2.1 Bagaimana prosedur pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan?

1.2.2 Berapa nilai dari hasil pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1.3.1 Mengetahui prosedur pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan.

1.3.2 Mengetahui nilai dari hasil pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian karya tulis ilmiah ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Penulis

a. Menjadi bahan penelitian penulis terhadap kebocoran tabung sinar-X.
b. Menambah wawasan dan pengetahuan penulis terhadap kebocoran tabung sinar-X

1.4.2 Responden

a. Meningkatkan kepedulian petugas radiologi terhadap perawatan dan pemakaian tabung sinar-X

b. Dapat menambah pengetahuan dan referensi kepada masyarakat.

1.4.3 Institusi

a. Sebagai bahan evaluasi bagi pihak rumah sakit apakah tabung sinar-X tersebut masih layak dipakai atau perlu mengambil tindakan perbaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Teoritis

2.1.1 Radiasi

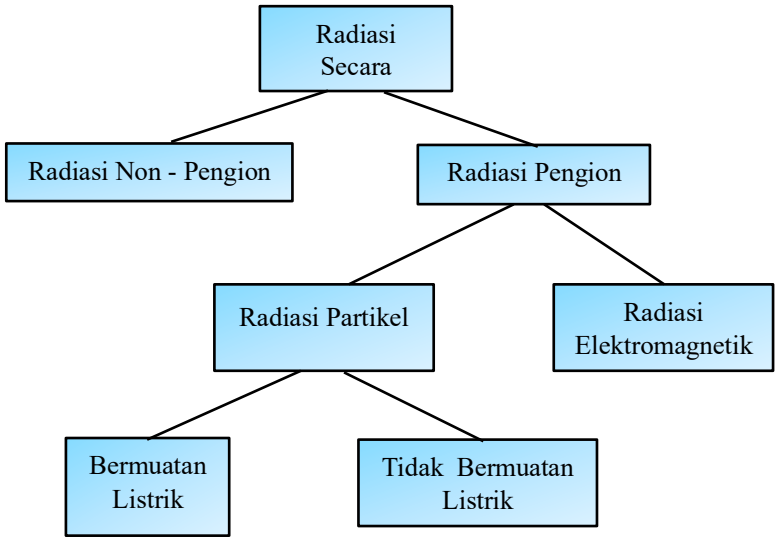
Radiasi merepresentasikan manifestasi energi yang dipancarkan melalui proses transisi atomik dalam wujud partikel elementer atau propagasi gelombang elektromagnetik. Berdasarkan kapasitas ionisasinya, radiasi terklasifikasi menjadi dua entitas berbeda, yaitu radiasi pengion yang memiliki energi cukup untuk menyebabkan pelepasan elektron orbital melalui proses tumbukan atomik sehingga menghasilkan pasangan ion dan radiasi non-pengion yang kekurangan energi ambang untuk menginisiasi proses ionisasi pada medium yang dilaluinya (Al-farisy, 2024).

2.1.1.1 Radiasi Pengion

Radiasi pengion merupakan bentuk emisi energi yang memiliki kapasitas untuk menginduksi proses ionisasi pada medium yang dilaluinya, yaitu kemampuan untuk memisahkan elektron orbital dari atom target sehingga terbentuk pasangan ion (kation dan elektron bebas). Secara fundamental, manifestasi radiasi pengion mencakup partikel α (inti helium), partikel β (elektron/positron berenergi tinggi), serta radiasi elektromagnetik berupa foton gamma dan sinar-X dengan energi di atas ambang ionisasi (Hiswara, 2015).

2.1.1.2 Radiasi Non Pengion

Radiasi non-pengion merupakan bentuk radiasi elektromagnetik dengan spektrum energi di bawah ambang ionisasi (<10 eV), yang hanya mampu menimbulkan eksitasi elektronik sementara tanpa mencapai energi disosiasi atomik. Karakteristik utamanya terletak pada ketidakmampuan untuk menghasilkan pasangan ion bebas, meskipun tetap dapat menginduksi vibrasi molekuler dan rotasi dipol dalam medium yang dilaluinya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa radiasi non-pengion merupakan jenis radiasi yang tidak menyebabkan terjadinya ionisasi pada materi saat terjadi interaksi (Sa'diyah et al.,2024). Secara keseluruhan, radiasi dapat diklasifikasikan seperti yang tertera pada diagram berikut.



Gambar 2.1 Klasifikasi Radiasi Secara Umum (Fitri, 2021)

2.1.2 Sinar-X

Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik yang menempati spektrum antara sinar ultraviolet dan sinar gamma dalam skala elektromagnetik, dengan karakteristik panjang gelombang ultra-pendek (0,01-10 nm) yang setara dengan 10^{-4} kali panjang gelombang cahaya tampak. Sifat heterogennya ditunjukkan melalui distribusi energi politronik, sementara kemampuan penetrasinya yang unik berasal dari hubungan invers kuadrat antara panjang gelombang dan daya tembus menurut hukum hamburan *Compton* (Rasad, 2015).

2.1.2.1 Proses Terbentuknya Sinar-X

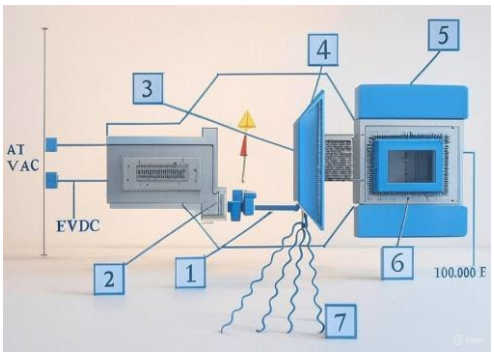
Menurut Indrati, et al (2017), mekanisme terjadinya sinar-x dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Filamen katodik berfungsi sebagai sumber elektron melalui proses emisi termionik. Ketika arus pemanas (filament current) mengalir, terjadi disipasi daya termal yang meningkatkan temperatur filamen hingga mencapai titik emisi elektron (biasanya >2200°C untuk tungsten).
b. Anoda berfungsi sebagai target tumbukan elektron berenergi tinggi, secara material terdiri dari logam refraktori seperti *tungsten* (W) atau *molybdenum* (Mo) yang dipilih berdasarkan karakteristik nomor atom tinggi dan titik leleh elevasi. Pemilihan material anoda ini menentukan efisiensi konversi energi kinetik elektron menjadi radiasi bremsstrahlung dan sinar-X karakteristik, dimana tungsten

(Z=74) menghasilkan spektrum energi lebih tinggi dibanding molybdenum (Z=42).

c. Adanya beda potensial tinggi (biasanya 30-150 kV) antara anoda dan katoda menciptakan medan elektrostatik intensif yang mengakselerasi elektron termionik mencapai energi kinetik hingga 150 keV.
d. Tumbukan elektron katoda berenergi tinggi dengan atom target menghasilkan eksitasi atomik melalui proses hamburan tidak elastis, dimana energi kinetik elektron yang ditransfer melebihi energi ikat elektron orbital, menyebabkan terlepasnya elektron dari orbitalnya.
e. Terbentuknya lowongan elektron pada kulit dalam menyebabkan ketidakstabilan sistem elektronik atom, sehingga elektron dari kulit luar segera mengalami transisi ke tingkat energi lebih rendah untuk mengisi kekosongan tersebut, melepaskan energi dalam bentuk foton karakteristik.
f. Ketika elektron berpindah dari orbit luar yang memiliki tingkat energi lebih tinggi ke orbit yang lebih dalam dengan energi yang lebih rendah, maka akan muncul kelebihan energi.
g. Energi yang tersisa tersebut akan dilepaskan dalam bentuk foton, yang dikenal sebagai sinar-X karakteristik.

h. Sementara itu, apabila elektron mendekati inti atom dan mengalami perlambatan atau perubahan arah gerak akibat medan inti, maka akan dihasilkan sinar-X jenis *bremsstrahlung*.



Keterangan gambar 2.2 :

1. Berkas elektron
2. Filamen katoda
3. Anoda putar
4. Target tungsten
5. Stator
6. Rotor
7. Berkas sinar-X

Gambar 2.2 Proses terjadinya sinar-x (Indrati, et al 2017).

2.1.2.2 Jenis-Jenis Sinar-X

Berdasarkan spektrumnya, sinar-X terbagi atas dua kategori, yaitu sinar-X *bremsstrahlung* (energi kontinu) dan sinar-X karakteristik (garis spektrum diskret).

a. Sinar-X *Bremsstrahlung*

Sinar-x *bremsstrahlung* muncul sebagai konsekuensi dari deakselerasi elektron berenergi tinggi dalam medan *Coulomb* inti atom target. Berdasarkan prinsip elektrodinamika, partikel bermuatan yang mengalami percepatan negatif (perlambatan) akan memancarkan radiasi elektromagnetik kontinu, dengan energi foton maksimum sesuai energi kinetik elektron awal (Lestari, 2019).

Interaksi antara berkas elektron berenergi tinggi dengan atom target mengakibatkan fenomena pengereman (deakselerasi) yang signifikan, dimana energi kinetik elektron terkonversi menjadi radiasi elektromagnetik dalam bentuk sinar-X *bremsstrahlung*. Spektrum energi yang dihasilkan bersifat kontinu dengan variasi energi foton yang bergantung pada parameter tumbukan, khususnya jarak lintasan elektron relatif terhadap inti atom. Secara kuantitatif, elektron yang melintas pada parameter dampak (*impact parameter*) kecil akan mengalami pembelokan lebih besar dan menghasilkan foton berenergi lebih tinggi dibandingkan dengan elektron yang melintas pada jarak lebih jauh dari inti atom (Lestari, 2019).

Gambar 2.3 dibawah ini mengilustrasikan mekanisme terbentuknya sinar-x *bremsstrahlung*.

Keterangan gambar :

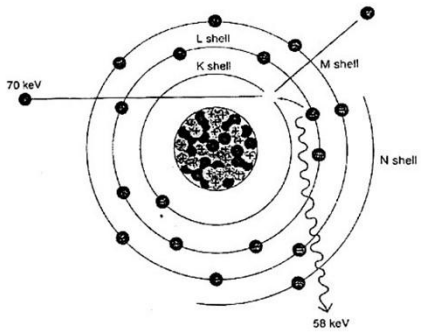
1. Elektron proyektil dari katoda
2. Sinar-X *Bremsstrahlung*

Gambar 2.3 Pembentukan Sinar-X *Bremsstrahlung*
(Lestari, 2019)

b. Sinar-X Karakteristik

Sinar-X karakteristik menghasilkan spektrum energi diskrit. Ketika elektron proyektil bertumbukan dengan elektron orbital pada anoda, elektron orbital tersebut terlepas dari orbitnya. Kejadian ini menciptakan kekosongan pada kulit orbital, karena elektron cenderung menempati tingkat energi yang lebih stabil (di mana kulit orbital terdalam lebih stabil daripada kulit luar), kekosongan tersebut akan diisi oleh elektron dari kulit luar. Proses transisi elektron ke tingkat energi lebih dalam ini melepaskan energi dalam bentuk sinar-X karakteristik. (Lestari, 2019).

Gambar 2.4 dibawah ini mengilustrasikan pembentukan sinar-x karakteristik.



Gambar 2.4 Proses Pembentukan Sinar-X Karakteristik (Lestari, 2019)

2.1.2.3 Sifat-Sifat Sinar-X

Menurut Indrati (2017) sinar-X memiliki beberapa sifat antara lain:

a). Sifat penetrasi sinar-X sangat tinggi.

b). Sinar-X mampu menggelapkan emulsi film yang dilaluinya.

c). Sinar-X tidak mengalami pembelokan ketika dipengaruhi oleh medan magnet atau medan listrik.

d). Sinar-X bergerak menjauhi titik fokus dalam arah lurus.

2.1.2.4 Interaksi Sinar-X dengan Materi

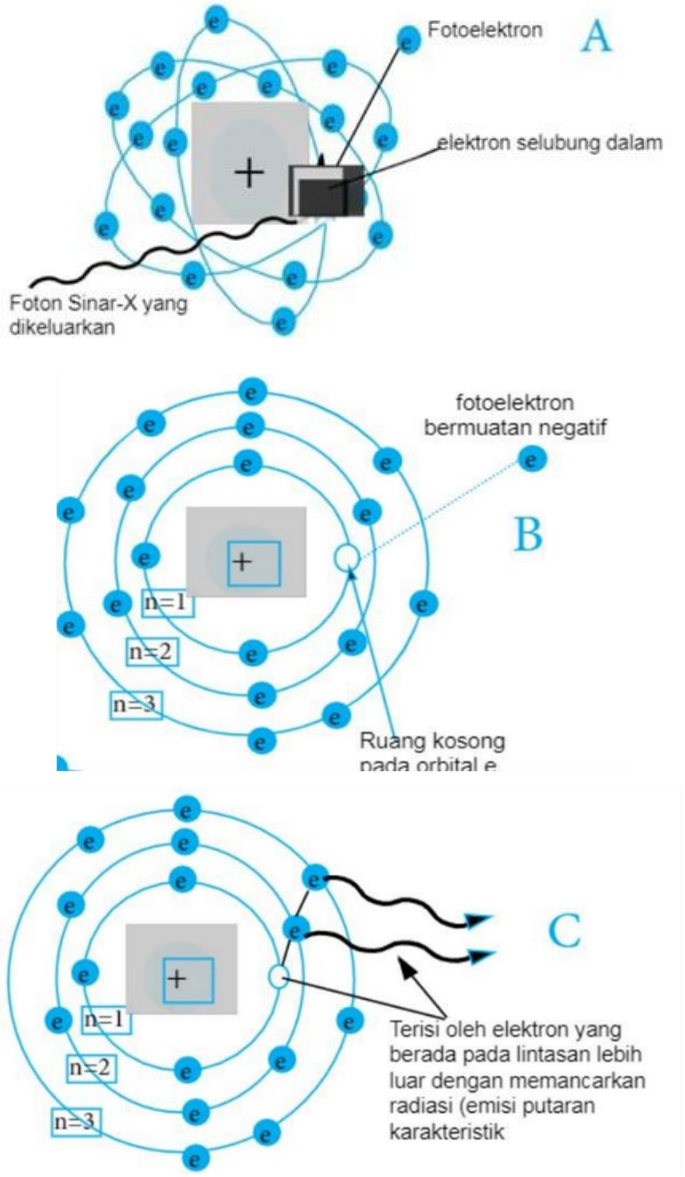
Fenomena interaksi radiasi sinar-X dengan material terjadi melalui mekanisme kompleks ketika foton berenergi tinggi berpenetrasi ke dalam substansi target. Proses fundamental ini melibatkan tiga kemungkinan utama: transmisi, absorpsi, dan hamburan foton. Ketika sinar-X mengenai suatu material, sebagian energi sinar tersebut akan diteruskan, sebagian lainnya diserap, dan sebagian lagi mengalami hamburan. Interaksi antara foton dan materi ini dapat menyebabkan penyerapan maupun penyebaran arah foton. Kedua proses tersebut berkontribusi terhadap penurunan intensitas sinar-X, yang dikenal sebagai atenuasi. Besarnya atenuasi ini dipengaruhi oleh sifat fisik material, seperti kerapatan massa, ketebalan, serta bilangan atom dari bahan yang dilalui oleh sinar-X. (BATAN, 2013).

Berdasarkan kajian dari Badan Teknologi Nuklir Nasional (2013), terdapat berbagai jenis interaksi yang dapat terjadi antara sinar-X dan materi yang dilaluinya sebagai berikut :

a. Efek Fotolistrik

Efek fotolistrik merupakan suatu bentuk interaksi antara radiasi elektromagnetik dan elektron dalam struktur atom

suatu zat. Dalam mekanisme ini, energi foton diserap sepenuhnya oleh elektron yang berada dalam keadaan terikat kuat, menyebabkan elektron tersebut terlepas dari atomnya. Interaksi ini tidak hanya melibatkan elektron itu sendiri, tetapi juga berkaitan dengan keseluruhan struktur atom. Efek ini cenderung terjadi ketika foton memiliki energi rendah, berkisar antara 0,01 hingga 0,5 MeV. Pada tingkat energi yang lebih rendah, interaksi lebih sering terjadi dengan elektron di kulit luar, sedangkan pada energi yang lebih tinggi, elektron dari kulit dalam yang lebih dekat dengan inti dapat terlepas. Secara umum, probabilitas terjadinya efek fotolistrik akan meningkat pada bahan yang memiliki bilangan atom (Z) tinggi. Misalnya, bahan seperti timah (Z=82) lebih cenderung mengalami efek ini dibandingkan bahan seperti tembaga (Z=29).

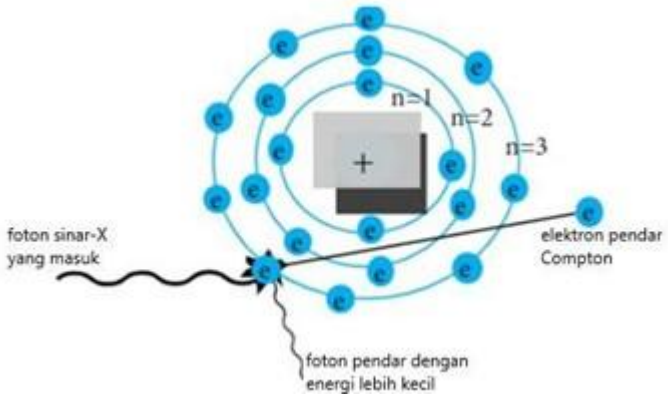


Gambar 2.5 Mekanisme Efek Fotolistrik, (A) Emisi Sinar-X, (B) Terbentukya Kekosongan Pada Orbital E, (C) Pengisian Kekosongan Orbital Oleh Elektron Bagian Terluar (Indrati, et.al 2017)

b. Hamburan *Compton*

Hamburan Compton terjadi ketika foton bertumbukan secara elastis dengan elektron bebas, yaitu elektron yang memiliki energi ikat sangat kecil dibandingkan dengan energi foton yang datang. Dalam proses ini, sebagian energi

dari foton digunakan untuk melepaskan elektron dari ikatannya, sementara sisa energinya menyebabkan perubahan arah gerak foton. Interaksi jenis ini umum dijumpai dalam prosedur radiodiagnostik, terutama pada penggunaan tegangan antara 18 hingga 150 kV (Indrati, et al 2017).



Gambar 2.6 Hamburan *Compton* (Indrati, et al 2017)

c. Produksi Pasangan

Interaksi ini terjadi ketika energi foton mencapai paling sedikit 1,02 MeV. Dalam mekanismenya, foton mendekati inti atom dan kemudian lenyap, lalu energinya dikonversi menjadi sepasang partikel—yaitu satu elektron dan satu positron—yang memiliki massa besar serta energi yang setara. Setelah pasangan tersebut terbentuk, keduanya akan bergerak ke arah depan sesuai dengan arah datangnya foton, sambil melepaskan energi. Ketika positron telah kehilangan seluruh energi kinetiknya, ia akan berinteraksi kembali

dengan sebuah elektron, dan hasil dari peristiwa ini adalah pembentukan dua foton anihilasi yang masing-masing membawa energi sebesar 0,51 MeV (Indrati, et al 2017).

2.1.2.5 Efek Radiasi Sinar-X Terhadap Biologis

Efek radiasi yang disebabkan oleh sinar-X diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu efek stokastik dan efek deterministik (H. Rahman & Harjanto, 2023).

a. Efek Stokastik

Efek stokastik merupakan jenis dampak biologis dari radiasi yang dapat terjadi tanpa adanya ambang dosis tertentu, sehingga bahkan paparan radiasi dengan dosis yang sangat rendah pun tetap memiliki potensi menimbulkan perubahan pada sistem biologis (H. Rahman & Harjanto, 2023).

b. Efek Deterministik

Efek deterministik merupakan dampak biologis yang muncul ketika tubuh manusia menerima paparan radiasi melebihi ambang dosis tertentu. Efek ini biasanya mulai terlihat dalam kurun waktu relatif singkat setelah individu terpapar radiasi pengion (H. Rahman & Harjanto, 2023).

2.1.3 Proteksi Radiasi

2.1.3.1 Pengertian Proteksi Radiasi

Proteksi radiasi merupakan suatu tindakan untuk mengendalikan paparan radiasi dengan menetapkan batas dosis yang diperbolehkan bagi pekerja dan masyarakat umum, serta menerapkan berbagai langkah guna mengurangi efek merugikan akibat radiasi. (Wahyuni et al., 2024).

2.1.3.2 Tujuan Proteksi Radiasi

Indrati (2017) menyatakan bahwa proteksi radiasi bertujuan untuk :

a. Menghindari timbulnya efek non - stokastik yang bersifat berbahaya serta mengurangi kemungkinan munculnya efek stokastik hingga tingkat yang masih dapat diterima oleh masyarakat.
b. Memberikan jaminan bahwa setiap aktivitas atau pekerjaan yang melibatkan paparan radiasi memiliki dasar yang dapat dipertanggungjawabkan atau dibenarkan secara ilmiah dan etis.

2.1.3.3 Prinsip Dasar Proteksi Radiasi

Mengurangi dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja radiasi, diperlukan penerapan tiga prinsip dasar lainnya, yaitu memaksimalkan jarak, meminimalkan waktu, dan penggunaan perisai radiasi (ICRP, 2015).

a. Jarak

Jumlah dosis radiasi yang diterima oleh seorang pekerja akan menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber radiasi, sesuai dengan prinsip bahwa dosis berkurang secara proporsional terhadap kuadrat jarak. Semakin jauh posisi seseorang dari sumber radiasi, maka semakin kecil pula paparan yang diterimanya. Prinsip ini dikenal sebagai hukum kuadrat terbalik.

b. Waktu

Semakin lama seseorang berada di dalam area yang terpapar radiasi, maka semakin tinggi pula jumlah dosis radiasi yang akan diterimanya. Sebaliknya, jika durasi paparan dikurangi, maka dosis radiasi yang diterima akan menurun.

c. Perisai

Perisai radiasi berfungsi untuk menurunkan intensitas radiasi melalui proses interaksi antara radiasi dengan material pelindung. Efektivitas bahan perisai dipengaruhi oleh ketebalan dan nomor atomnya, semakin tebal serta semakin tinggi nomor atom suatu bahan, maka semakin besar kemampuannya dalam menyerap radiasi. Sumber radiasi seperti sinar-X, material pelindung yang paling umum digunakan adalah timbal (Pb), karena sifatnya yang mampu meredam radiasi secara efektif. Selain timbal, beberapa

bahan lain seperti beton, baja, dan kaca timbal juga digunakan sebagai pelindung. Disamping prinsip dasar proteksi seperti pengaturan waktu, jarak, dan penggunaan perisai, pemakaian alat pelindung diri (APD) seperti apron timbal, kacamata timbal, dan sarung tangan timbal juga menjadi elemen penting dalam perlindungan terhadap paparan radiasi.

2.1.3.4 Persyaratan Proteksi Radiasi

Mengacu Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2020, yang termasuk persyaratan proteksi radiasi meliputi :

a. Justifikasi

Setiap kegiatan yang melibatkan paparan radiasi harus melalui proses evaluasi terlebih dahulu untuk memastikan bahwa manfaat yang dihasilkan dari aktivitas tersebut lebih besar dibandingkan potensi risiko yang ditimbulkan. Aktivitas hanya boleh dilakukan apabila hasil kajian menunjukkan nilai guna yang lebih tinggi daripada dampak bahayanya.

b. Limitasi Dosis

Pembatasan dosis radiasi dilakukan berdasarkan Nilai Batas Dosis (NBD), yang merupakan batas maksimum paparan yang diperbolehkan dalam kondisi operasi normal. NBD ini berlaku baik untuk pekerja yang terlibat langsung

dengan sumber radiasi maupun untuk masyarakat umum, dengan kriteria yang telah ditetapkan dalam regulasi :

a). Bagi pekerja yang terlibat dalam aktivitas radiasi, batas dosis efektif yang diperbolehkan adalah rata-rata 20 *miliSievert* (mSv) per tahun, dihitung selama periode lima tahun berturut-turut.

b). Masyarakat umum, batas dosis efektif tahunan yang ditetapkan adalah sebesar 1 *miliSievert* (mSv).

c. Optimisasi

Pelaksanaan upaya optimasi dalam proteksi dan keselamatan radiasi ditujukan untuk memastikan bahwa paparan radiasi yang diterima oleh pekerja serendah mungkin secara realistis, serta dosis yang diberikan kepada pasien seminimal mungkin namun tetap memadai untuk mencapai hasil diagnostik yang diinginkan.

2.1.4 Tabung Pesawat Sinar-X

Tabung sinar-X merupakan wadah berbentuk ruang hampa yang biasanya dibuat dari kaca tahan suhu tinggi dan berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pembangkitan sinar-X. Komponen ini menjadi bagian inti dari sistem pada perangkat sinar-X.

Katoda (filamen) memancarkan elektron ketika dipanaskan oleh arus listrik dari transformator pemanas. Ketika tegangan tinggi dihubungkan, elektron-elektron tersebut dipercepat menuju anoda dan difokuskan oleh *focusing cup*. Dengan memberikan potensial negatif

yang tinggi pada filamen relatif terhadap target, elektron-elektron yang bergerak cepat tiba-tiba terhenti di permukaan target, mengakibatkan konversi energi menjadi panas (lebih dari 99%) dan sinar-X (kurang dari 1%). Perisai timbal pada tabung berfungsi untuk menahan sinar-X agar tidak keluar sembarangan, sehingga radiasi hanya dapat keluar melalui jendela yang dirancang khusus. Panas berlebih yang dihasilkan pada target dinetralisir oleh sistem pendingin radiator. Intensitas sinar-X yang dihasilkan dapat dimonitor melalui alat pengukur miliampere (mA), sedangkan durasi eksposi diatur oleh pengatur waktu. Pembangkitan sinar-X memerlukan komponen-komponen utama tabung sinar-X serta faktor pendukung seperti tegangan tinggi, sistem fokus elektron, dan pendingin yang efektif.

Menurut Herty Afrina Sianturi (2017) bagian-bagian tabung sinar-X sebagai berikut :

2.1.4.1 Sumber elektron (filamen)

Filamen berfungsi sebagai katoda yang menghasilkan elektron melalui proses pijar saat dialiri arus listrik dari transformator khusus. Kawat tungsten pada filamen akan memancarkan elektron ketika dipanaskan hingga suhu tertentu.

2.1.4.2 Anoda

Anoda biasanya berbentuk padat dan dibuat dari bahan tembaga. Mengatasi panas yang tinggi selama proses kerja, anoda dilengkapi sistem pendingin berupa radiator yang terletak diluar

tabung dan menggunakan media pendingin seperti oli atau air untuk menjaga kestabilan suhu.

2.1.4.3 Katoda

Katoda terdiri dari filamen tungsten yang memancarkan elektron saat dipanaskan oleh arus listrik hingga berpijar. Mengarahkan elektron menuju target, diterapkan perbedaan tegangan tinggi antara katoda dan anoda, sehingga elektron bergerak cepat ke arah sasaran.

2.1.4.4 Alat pemusat berkas electron (*Focusing Cup*)

Komponen ini berperan sebagai lensa elektronik yang memfokuskan berkas elektron ke area target secara presisi, mencegah penyebaran elektron yang dapat menyebabkan pembentukan sinar-X di lokasi yang tidak diinginkan.

2.1.4.5 Target

Target merupakan komponen dari anoda yang terbuat dari bahan bernomor atom tinggi seperti tungsten, yang dirancang untuk menghasilkan sinar-X secara efisien. Meskipun begitu, sebagian besar energi elektron berubah menjadi panas, sehingga target harus memiliki titik lebur tinggi dan mampu menghantarkan panas dengan baik. Untuk itu, digunakan material seperti tembaga sebagai dasar target dengan permukaan tungsten sebagai media tumbukan elektron.

2.1.4.6 Tabung pembungkus

Bagian pembungkus tabung biasanya menggunakan kaca pyrex yang tahan terhadap suhu tinggi dan tekanan ruang hampa. Ruang hampa dalam tabung harus tetap stabil agar proses pembangkitan sinar-X berlangsung efektif dan efisien, sekaligus mendukung daya tahan tabung.

2.1.4.7 Perisai tabung

Perisai ini terbuat dari lapisan timbal yang kuat terhadap radiasi sinar-X dan tahan terhadap benturan. Agar aman secara kelistrikan, bagian ini biasanya diisi dengan minyak isolator. Pancaran sinar-X dari tabung diarahkan melalui jendela khusus yang dilindungi oleh timbal tambahan agar tidak melebihi dosis yang dibutuhkan untuk pencitraan.

2.1.4.8 Rumah tabung

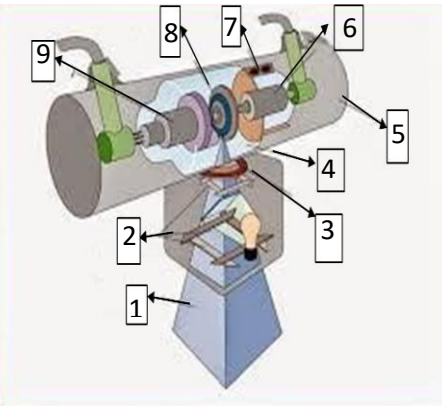
Seluruh tabung sinar-X ditempatkan di dalam wadah pelindung yang dilapisi timbal. Tujuannya adalah untuk mencegah paparan radiasi berlebih dan potensi bahaya listrik yang dapat terjadi selama pengoperasian. Radiasi bocor yang keluar melalui dinding tabung harus dikendalikan karena tidak memberikan kontribusi terhadap hasil diagnostik.

2.1.4.9 Filter

Komponen ini melakukan seleksi energi foton, khususnya menyaring radiasi energi rendah yang tidak bermanfaat untuk diagnostik. Filter meningkatkan kualitas gambar sekaligus

mengurangi dosis radiasi pasien yang tidak perlu, membantu mengurangi *noise* atau hamburan radiasi yang dapat mengganggu kualitas gambar, menghasilkan gambar yang lebih jelas dan kontras yang lebih baik.

Struktur tabung sinar-X dapat dilihat pada gambar berikut :



Keterangan Gambar 2.7:

1. *X-ray Beam*
2. *Collimators*
3. *Filters*
4. *Glass Envelope*
5. *Tube Housing*
6. Rotors
7. Stators
8. Anoda
9. Katoda

Gambar 2. 7 Tabung Pesawat Sinar-X (Sumarno, 2015)

2.1.5 Kebocoran Radiasi

Radiasi bocor atau *leakage radiation* adalah jenis radiasi yang tidak sengaja keluar dari tabung sinar-X, umumnya disebabkan oleh sinar-X yang berhasil menembus pelindung tabung. Radiasi ini tidak memiliki kontribusi terhadap pencitraan diagnostik karena tidak termasuk dalam berkas utama yang diarahkan ke pasien. Meskipun demikian, radiasi bocor menjadi pertimbangan penting dalam perancangan tabung sinar-X maupun desain ruangan pemeriksaan radiasi. Dalam desain tabung, radiasi bocor harus dikendalikan agar tidak menambah dosis pada berkas utama. Sementara itu, dalam perencanaan ruang radiasi, besarnya radiasi

bocor menjadi salah satu faktor yang menentukan ketebalan dinding pelindung yang diperlukan. Berdasarkan ketentuan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014, batas maksimum radiasi bocor yang diizinkan untuk perancangan tabung sinar-X adalah sebesar ≤1 mGy per jam, yang diukur pada jarak 1 meter dari titik fokus tabung. Nilai ini merupakan batas maksimum yang tidak boleh terlampaui dalam kondisi normal. Jika terjadi kerusakan pada tabung atau kolimator, atau jika terdapat celah antara kolimator dan tabung, maka potensi terjadinya kebocoran radiasi bisa meningkat.

2.1.5.1 Faktor kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X

Faktor kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X sebagai berikut :

a. Kualitas berkas sinar-X

Berkas sinar-X yang kualitasnya tidak sesuai standar dapat menimbulkan kebocoran pada tabung. Kondisi ini dapat diketahui melalui parameter HVL (*Half Value Layer*), yang pada tegangan 80 kVp harus memiliki nilai lebih dari 2,3 mmAl.

b. Ketegak lurusan berkas X-ray

Ketidaktepatan ketegaklurusan berkas sinar-X yang melebihi 3° dapat menimbulkan kebocoran pada tabung. Masalah ini dapat dicegah dengan memastikan ketegaklurusan berkas sinar-X berada dalam batas toleransi yang diperbolehkan.

c. Kebocoran wadah tabung

Apabila kebocoran pada wadah tabung melebihi 1 mGy per jam, maka dapat terjadi kebocoran tabung. Kondisi ini dapat dicegah dengan memastikan tingkat kebocoran wadah tabung tetap berada dalam batas yang diperkenankan.

d. Penggunaan tabung yang tidak sesuai

Pemakaian tabung yang tidak sesuai dengan peruntukannya dapat menimbulkan kebocoran pada tabung. Sebagai contoh, penggunaan tabung yang tidak dirancang untuk keperluan radioterapi berpotensi menyebabkan terjadinya kebocoran.

e. Kerusakan pada generator dan tabung sinar-X

Gangguan atau kerusakan pada generator maupun tabung sinar-X berpotensi menimbulkan kebocoran tabung. Upaya pencegahan dapat dilakukan dengan memastikan setiap kerusakan pada komponen tersebut segera diperbaiki.

f. Penggunaan yang tidak tepat

Pemanfaatan yang tidak tepat, misalnya penggunaan tabung sinar-X yang tidak sesuai dengan fungsi atau tujuan peruntukannya, dapat menimbulkan kebocoran pada tabung

g. Penggunaan tabung yang sudah tua

Tabung sinar-X yang telah berusia lama berpotensi menimbulkan kebocoran pada tabung.

Hal ini dapat diatasi dengan memastikan penggunaan tabung sinar-X yang baru dan memenuhi standar. Dalam beberapa kasus, kebocoran tabung sinar-X dapat disebabkan oleh kombinasi dari beberapa faktor di atas.

2.1.5.2 Indikator Pengukuran Kebocoran Radiasi

Saat mengukur kebocoran radiasi, hal-hal berikut harus diperhatikan antara lain :

a. Pengukuran kebocoran radiasi sangat dianjurkan bagi produsen mesin sinar-x sebagai bagian dari pengendalian kualitas produknya, serta bagi perbaikan tabung sinar-X akibat guncangan atau jatuh dengan kolimator pengganti (periksa sambungan tabung ke kolimator).
b. Dalam kondisi dunia nyata, pengukuran kebocoran radiasi dilakukan pada tegangan tertinggi yang biasa digunakan dalam radiasi. Namun analisisnya tidak perlu dinormalisasi hingga nilai kVp maksimal.
c. Perlu dicatat bahwa waktu radiasi dan nilai mA yang digunakan dalam mengukur kebocoran radiasi adalah penting. Pastikan waktu penyinaran yang dipilih adalah waktu terlama yang biasanya digunakan.
d. Data yang harus dicatat saat mengukur kebocoran radiasi. Apabila pengaturan alat tidak dapat dipisahkan dari pengaturan mA, maka pengaturannya harus mAs sehingga data yang diukur adalah dosis (bukan laju dosis). Jika mA dan

s dapat dipisahkan saat menyetel perangkat, maka laju dosis adalah variabel yang diukur.

e. Dianjurkan untuk mengukur kebocoran titik radiasi menggunakan film sinar-X, ketika studi dosis diperlukan, ruang ion perlu digunakan, yang merupakan alasan untuk perlindungan. Dalam pengukuran kebocoran radiasi, dibedakan antara personel yang berada di dekat sumber radiasi dan personel yang berada di luar sumber radiasi (di ruang operator). Tentu saja pilihan proteksinya adalah memilih opsi yang jauh dari sumbernya.

2.1.6 *Surveymeter*

Implementasi sistem proteksi radiasi, *surveymeter* merupakan salah satu perangkat penting yang digunakan untuk mengukur tingkat paparan radiasi di area tertentu yang diduga mengandung material radioaktif. *Surveymeter* adalah alat pengukuran berbagai jenis radiasi seperti sinar-X, sinar gamma, atau sinar beta yang digunakan untuk mengukur tingkat paparan radiasi di suatu area dalam bacaan *microsieverts per hour* (μSv/h) atau *miliroentgens per hour* (mR/h) (Suzuki et al., 2023).

Beberapa tahapan persiapan harus dilakukan sebelum menggunakan alat *surveymeter* sebagai berikut :

2.1.6.1 Memeriksa baterai

Langkah awal sebelum menggunakan *surveymeter* adalah memastikan kondisi daya baterai dalam keadaan baik. Tegangan yang terlalu tinggi dapat memengaruhi kinerja detektor,

menjadikannya kurang peka terhadap radiasi yang masuk dan berpotensi menghasilkan pembacaan yang tidak akurat.

2.1.6.2 Faktor Kalibrasi

Faktor kalibrasi berfungsi untuk mengubah hasil pengukuran yang ditampilkan alat menjadi nilai dosis aktual. Tanpa adanya parameter kalibrasi ini, data yang ditunjukkan oleh *surveymeter* tidak dapat dijadikan dasar pengukuran yang valid.

2.1.6.3 Pelajari faktor *display* dan pengali

Surveymeter dilengkapi dengan berbagai faktor pengali (misalnya ×1, ×10, ×100) dan menampilkan satuan pengukuran seperti Sv/jam. Pemahaman terhadap fungsi ini penting untuk interpretasi hasil yang akurat.

2.1.6.4 Prinsip Kerja *Surveymeter*

Prinsip operasional *surveymeter* sebagai berikut :

a. *Surveymeter* digunakan untuk mendeteksi dan mengukur paparan radiasi sinar-X maupun sinar gamma. Alat ini umumnya menggunakan detektor gas bertekanan, seperti Geiger Muller atau detektor proporsional. Bentuk detektor biasanya berupa tabung silinder dengan anoda sebagai elektroda positif di tengah, dan katoda sebagai elektroda negatif pada dinding silinder.
b. Partikel ion yang terbentuk di dalam gas akan bergerak ke arah elektroda, dan melalui rangkaian elektronik diubah menjadi sinyal berupa pulsa listrik.

c. Metode pengukuran yang digunakan adalah sistem arus listrik, sehingga hasil akhirnya ditampilkan dalam bentuk intensitas radiasi yang dikonversikan ke satuan dosis, misalnya Rontgen per jam (R/jam).

2.1.7 Uji Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X

Evaluasi terhadap radiasi bocor dapat dilakukan melalui metode pengukuran langsung menggunakan berbagai instrumen, seperti film radiografi, *surveymeter*, atau *ion chamber* yang dirancang khusus untuk mendeteksi radiasi bocor, biasanya memiliki permukaan deteksi yang cukup luas. Salah satu bentuk penelitian terkait pengukuran kebocoran pada pelindung tabung sinar-X dilakukan menggunakan *surveymeter*, sebagaimana tercantum dalam dokumen BAPETEN tahun 2014 (BAPETEN 2014).

2.1.7.1 Frekuensi Uji

Merujuk pada Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1250 Tahun 2009 mengenai Pedoman Kendali Mutu Peralatan Radiodiagnostik, pengujian kebocoran radiasi pada rumah tabung sinar-X dilakukan satu kali dalam setahun atau setelah dilakukan perawatan maupun perbaikan pada rumah tabung dan kolimator.Berdasarkan *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (2018), frekuensi uji kebocoran radiasi tabung sinar-X harus masuk dalam program QC rutin dan periodik frekuensi tersebut diserahkan kepada regulasi nasional atau rekomendasi pabrikan.

2.1.7.2 Nilai Standar Toleransi

Merujuk keputusan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009 tentang Pedoman Kendali Mutu (*Quality Control*) Peralatan Diagnostik, nilai maksimum yang diperkenankan terjadinya kebocoran radiasi adalah 1 mGy per 1 jam pada jarak 1 m ketika tabung sinar-X beroperasi pada tegangan maksimum rata-rata dan arus tabung kontinu maksimum. Berdasarkan *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (2018), desain tabung sinar X untuk menjaga kebocoran radiasi serendah mungkin dan tidak melebihi 1 mGy dalam satu jam, diukur pada jarak 1 m dari titik fokus, dan kurang dari tingkat maksimum yang ditetapkan dalam standar internasional atau peraturan setempat.

2.1.7.3 Prosedur Uji Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X

a. Uji kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X menggunakan *surveymeter* menurut Ramadhani (2024), cara pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X sebagai berikut :
    1) Catat nilai arus kontinyu (continuous current) pesawat dalam kolom mAcont
    2) Pastikan kolimator tertutup sempurna dengan menyalakan lampu kolimator dan memverifikasi tidak adanya celah
    3) Tutup kolimator dengan pelat Pb.
    4) Konfigurasikan parameter eksposur mendekati kapasitas maksimal atau pada 90 kVp

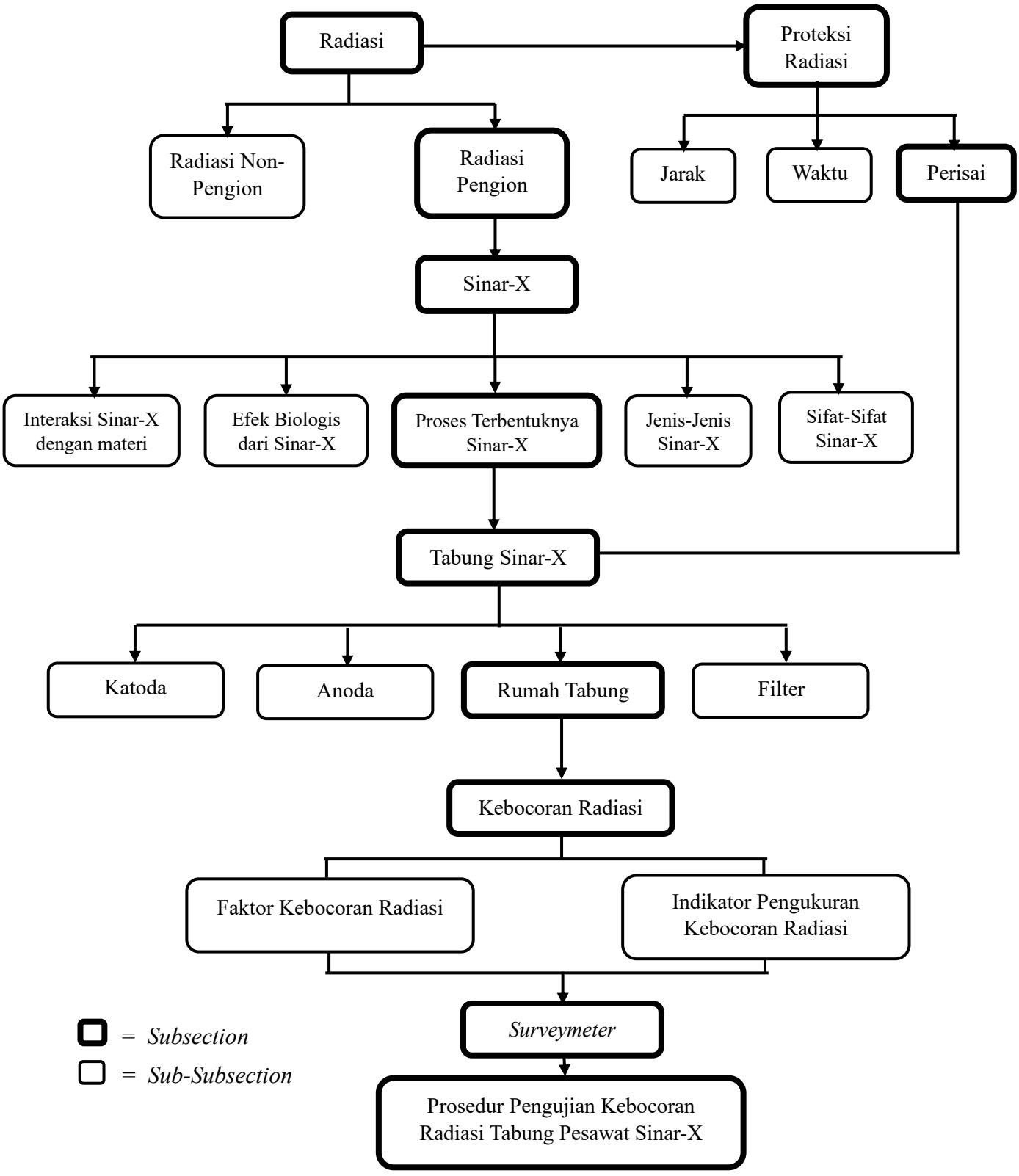
5) Lakukan eksposi dan ukur laju dosis pada jarak sekitar 100 cm di titik anoda.
6) Dokumentasikan hasil pengukuran laju dosis pada kolom pengamatan
7) Lakukan perhitungan kebocoran menggunakan formula standar kebocoran radiasi tabung sinar-X

b. Uji kebocoran tabung sinar-X menggunakan *ionization chamber* berdasarkan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009, cara pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X sebagai berikut :

1) Verifikasi bahwa prosedur pemanasan awal (warm-up) perangkat sinar-X telah dilaksanakan dan shutter kolimator berada dalam posisi tertutup sempurna sebelum memulai pengujian.
2) Tempatkan film radiografi yang terlindung dalam wadah kedap cahaya di sekeliling housing tabung sinar-X, dan pastikan posisi area respons film teridentifikasi dengan jelas.
3) Disarankan menggunakan beberapa film dan menempatkannya di berbagai titik lokasi di sekitar rumah tabung untuk memperoleh hasil yang lebih menyeluruh.
4) Posisikan *lonization Chamber* sebagaimana gambar di atas guna pengukuran nilai paparan radiasi

5) Lakukan eksposi dengan pengaturan tegangan tabung ±10 kVp dari kVp maksimum yang ada pada pesawat dengan pengaturan arus tabung sekon pada ± 50 mAs untuk penggunaan kaset sinar-X (jika memakai film sinar-X yang terbungkus karton/amplop kedap cahaya nilai mAs diperlukan lebih besar)
6) Catatan : Pengaturan tegangan 10 kVp di bawah maksimum bertujuan mencegah terjadinya *over-voltage* pada sistem.
7) Proses film selanjutnya untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran radiasi berikut besarnya nilai kebocoran tersebut
8) Catat hasil pembacaan paparan radiasi yang ditampilkan pada *electrometer.*

2.2 Kerangka Teori



Gambar 2. 8 Kerangka Teori

2.3 Penelitian Terkait

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

No	Nama, Tahun, Judul Penelitian	Hasil/Kesimpulan	Persamaan	Perbedaan
1.	Nur Hidayah, 2021, Uji Kebocoran Tabung Pesawat Sinar-X Mobile di Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta	Hasil dari penelitian ini adalah pada bagian bawah tabung pesawat sinar-X terjadi kebocoran dengan nilai yang dihasil kan sebesar 1,37 mGy/j, sehingga nilai tersebut di katakan melebihi ambang batas yang telah ditetap kan dengan nilai < 1 mGy/j.	Pengambilan data masing - masing dilakukan pada jarak 1 meter.	Alat pengukur radiasi yang digunakan yaitu Raysafe, sedangkan dalam penelitian saya alat ukur radiasi yang digunakan yaitu *surveymeter*.
2.	Pare Ledwina Delfia, 2021, Uji Kebocoran Radiasi Pada Tabung Sinar-X dan Ruangan Laboratorium Radiologi Stikes Guna Bangsa Yogyakarta	Hasil dari penelitian ini adalah semua titik pengujian mendapatkan nilai kebocoran tidak melebih nilai ambang batas.	Pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X mengguna kan *surveymeter*.	Dilakukannya pengujian kebocoran radiasi pada tabung pesawat sinar-X dan pengujian kebocoran radiasi pada ruangan radiologi, sedangkan dalam penelitian saya hanya pengujian kebocoran radiasi pada tabung pesawat sinar-X
3.	Yustina Carmelia, 2023, Uji Kebocoran Tabung Pesawat Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RSD Mangusada	Hasil dari penelitian ini adalah nilai yang diperoleh dari pengujian masih dibawah 1 mGy/jam.	Pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X mengguna kan *surveymeter*.	Penelitian referensi menguji kebocoran radiasi pada tabung sinar-X dan ruang radiologi, sedangkan penelitian saya hanya menguji kebocoran radiasi pada tabung sinar-X.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan observasional. Penelitian kuantitatif pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X melibatkan tingkat pengukuran radiasi yang keluar dari ruang tabung yang seharusnya terlindungi oleh perisai tabung menggunakan alat pengukur radiasi untuk memperoleh data *numerik* (Ali & Hariyati, 2022). Penelitian ini juga mencakup penelitian deskriptif untuk mendeskripsikan sebaran bocoran radiasi pada titik-titik tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk menguraikan, menginterpretasikan, serta menyimpulkan berbagai fenomena yang dapat diobservasi (Alif et., al 2023). Pendekatan observasional dalam pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X berfungsi sebagai langkah awal atau pendukung untuk mengidentifikasi masalah yang memerlukan investigasi lebih lanjut dengan alat khusus (Rahadi, 2020).

3.2 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah kebocoran radiasi dari tabung sinar-X dengan jarak 100 cm dari *housing* tabung yang diukur pada 5 titik utama, yaitu:

a. Bagian katoda tabung sinar-X
b. Bagian depan tabung sinar-X
c. Bagian anoda tabung sinar-X
d. Bagian belakang tabung sinar-X
e. Bagian bawah tabung sinar-X

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Selasih, Jalan Rumah Sakit No.01, Kec. Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan, Riau 28654.

3.3.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2025

3.4 Instrumen Penelitian

Untuk melaksanakan penelitian ini, instrumen penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1) Pesawat Sinar-X
   a. Merk : Philips
   b. Nomor Seri : 247648
   c. kV *max* : 150 kVp
   d. mA *max* : 630 mA

Gambar 3. 1 Pesawat Sinar-X

2) *Surveymeter*

a. Nama Alat : *Ranger Radiation*

b. Tipe dan No. Seri : R 30737

c. Sensitivitas : 95%

d. Faktor Kalibrasi : 0,86

Gambar 3. 2 *Surveymeter*

3) Alat Tambahan

a. Apron

b. Alat ukur (Meteran)

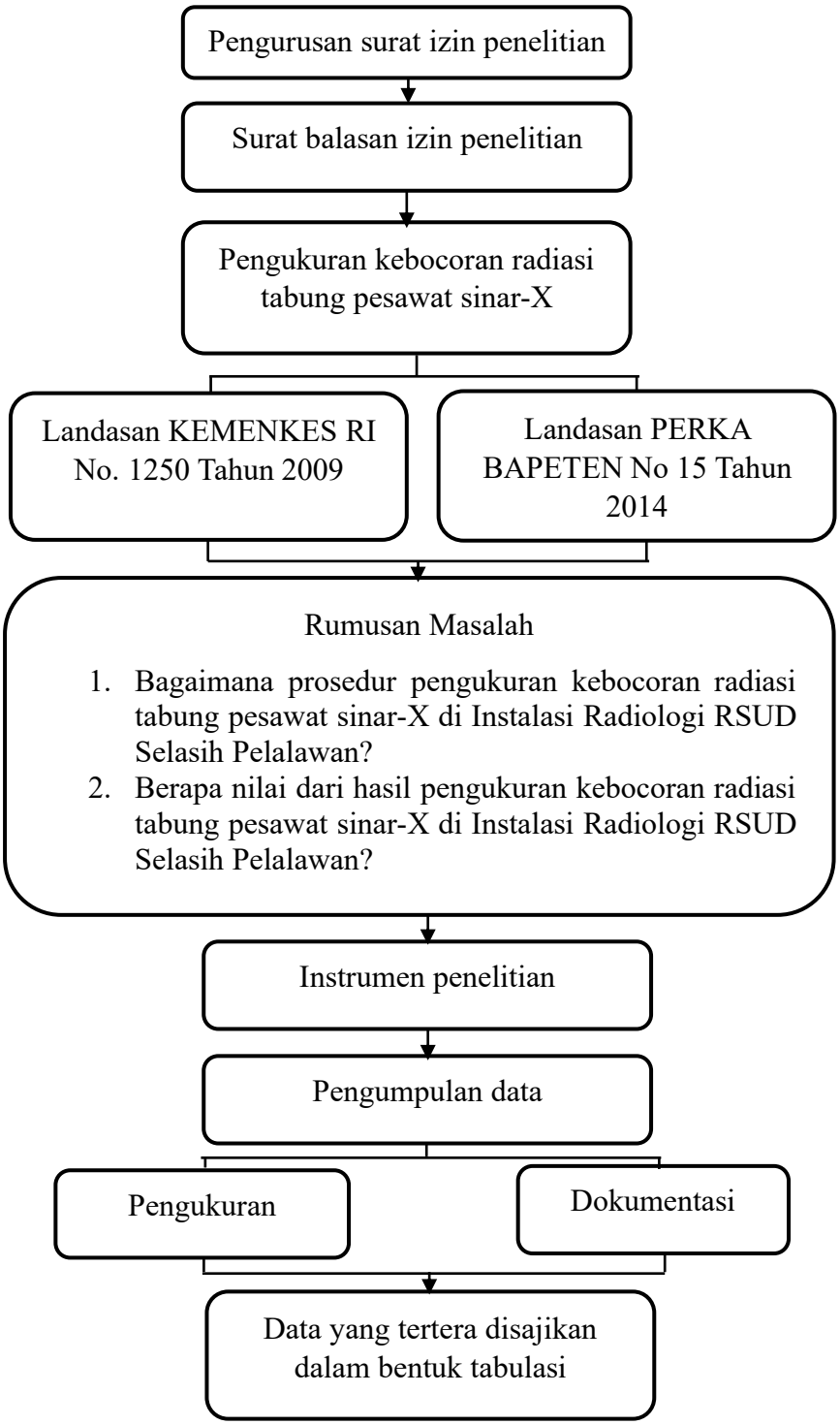
c. Selotip

3.5 Prosedur Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X

Adapun prosedur pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X dilakukan berdasarkan kombinasi landasan PERKA BAPETEN No 15 Tahun 2014 dan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 yang diterapkan oleh peneliti dalam melakukan penelitian di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan. Mempersiapkan instrument penelitian sebelum terjun ke lapangan. Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran menggunakan *surveymeter* dan dokumentasi. Data pengukuran yang sudah didapatkan disajikan dalam bentuk tabulasi dan menganalisis data dengan persamaan kebocoran radiasi

tabung pesawat sinar-X. Data yang telah dianalisis akan disajikan kembali menggunakan tabulasi dan grafik yang mencakup nilai pengukuran kebocoran radiasi sebenarnya dalam satuan (μSv/jam) dan nilai kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X dalam satuan (mGy/jam) lalu ditarik kesimpulan dari hasil analisis kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X.

3.6 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 3 Alur Penelitian

3.7 Metode Pengumpulan Data

3.7.1 Pengukuran

Peneliti melakukan pengukuran secara langsung terhadap hasil pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan.

3.7.2 Dokumentasi

Peneliti mendokumentasikan seluruh pengujian, hasil pengujian dan evaluasi uji kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan.

3.8 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian disesuaikan dengan parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan dalam pengujian ini yaitu parameter PERKA BAPETEN No 15 Tahun 2014.

Pengukuran di setiap posisi sebanyak tiga kali. Hitung nilai rata-rata dari setiap pengukuran tersebut. Selanjutnya, hasil tersebut dikurangi dengan nilai latar belakang (*background*) lalu dikalikan dengan faktor kalibrasi *surveymeter* untuk mendapatkan hasil bacaan sebenarnya. Hasil bacaan sebenarnya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_S = (\overline{X} - BG)\ FK$$

Persamaan Nilai Radiasi Sebenarnya …… (1)

Keterangan :

X_S = Hasil bacaan pengukuran sebenarnya

$\overline{X}$ = Hasil rata - rata bacaan terukur

BG = Nilai *Background*

FK = Faktor Kalibrasi

Perhitungan pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Leakage (L)} = X \left(\frac{kV\ max}{kV\ Set} \right)^2 \frac{mAcont}{mAset} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$$

Persamaan Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X …… (2)

Keterangan :

L = Laju dosis terukur (mGy/jam)

kV max = Tegangan alat (kVp)

kV set = Tegangan saat eksposi dilakukan (kVp)

mA_{cont} = Arus kontinu alat (mA)

mA_{set} = Pengaturan mA saat eksposi dilakukan (mA)

Pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X bertujuan untuk mengetahui kondisi dan nilai kebocoran rumah tabung. Hasil pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X disajikan dalam bentuk data tabulasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

Telah dilakukan penelitian "Prosedur Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan". Penelitian ini dilakukan pada hari Sabtu tanggal 28 Juni 2025 dengan menggunakan pesawat sinar-X merk *Philips* dengan kondisi kV maksimum 150 kVp dan mA maksimum 630 mA serta *surveymeter* yang telah dikalibrasi oleh lembaga resmi sebagai alat ukur deteksi kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan.

4.2 Hasil Penelitian

4.2.1 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan oleh peneliti adalah kombinasi antara landasan PERKA BAPETEN No. 15 Tahun 2014 dan KEMENKES RI No. 1250 Tahun 2009 yang masih relavan. Prosedur pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan adalah sebagai berikut :

4.2.1.1 Persiapan Alat

Prosedur pengujian kebocoran radiasi dimulai dengan menyiapkan alat, yaitu :

a. *Surveymeter*

Surveymeter yang digunakan oleh peneliti pada pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X adalah *Surveymeter Ranger Radiation* yang telah

dikalibrasi oleh lembaga resmi dengan tujuan untuk memastikan keakuratan pengukuran dengan faktor kalibrasi yaitu 0,86. Nyalakan *surveymeter* dan atur satuan menggunakan Satuan Internasional (SI), yaitu *microsievert/hour* (usv/h)

b. Pesawat Sinar-X

Pesawat Sinar-X dalam pengujian kebocoran radiasi adalah pesawat sinar-X merk *Philips*. Pesawat Sinar-X dinyalakan dan dilakukan proses pemanasan *(warming-up)* sebelum dilakukannya pengujian agar *output* radiasi yang dihasilkan menjadi lebih optimal.

c. Apron

Apron adalah alat pelindung diri berbentuk seperti celemek yang digunakan oleh petugas atau peneliti untuk melindungi tubuh dari paparan radiasi sinar-X. Meskipun pengukuran dilakukan dengan jarak dan waktu yang terbatas, penggunaan apron tetap menjadi langkah penting dalam penerapan prinsip proteksi radiasi ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*).

d. Alat Ukur (Meteran)

Meteran adalah alat ukur panjang atau jarak yang digunakan untuk menentukan posisi titik pengukuran terhadap sumber radiasi, dalam hal ini tabung pesawat sinar-X. Pada prosedur pengujian kebocoran radiasi,

meteran berfungsi untuk memastikan jarak antara *surveymeter* dengan titik referensi tabung sinar-X sesuai dengan standar pengukuran.

e. Selotip

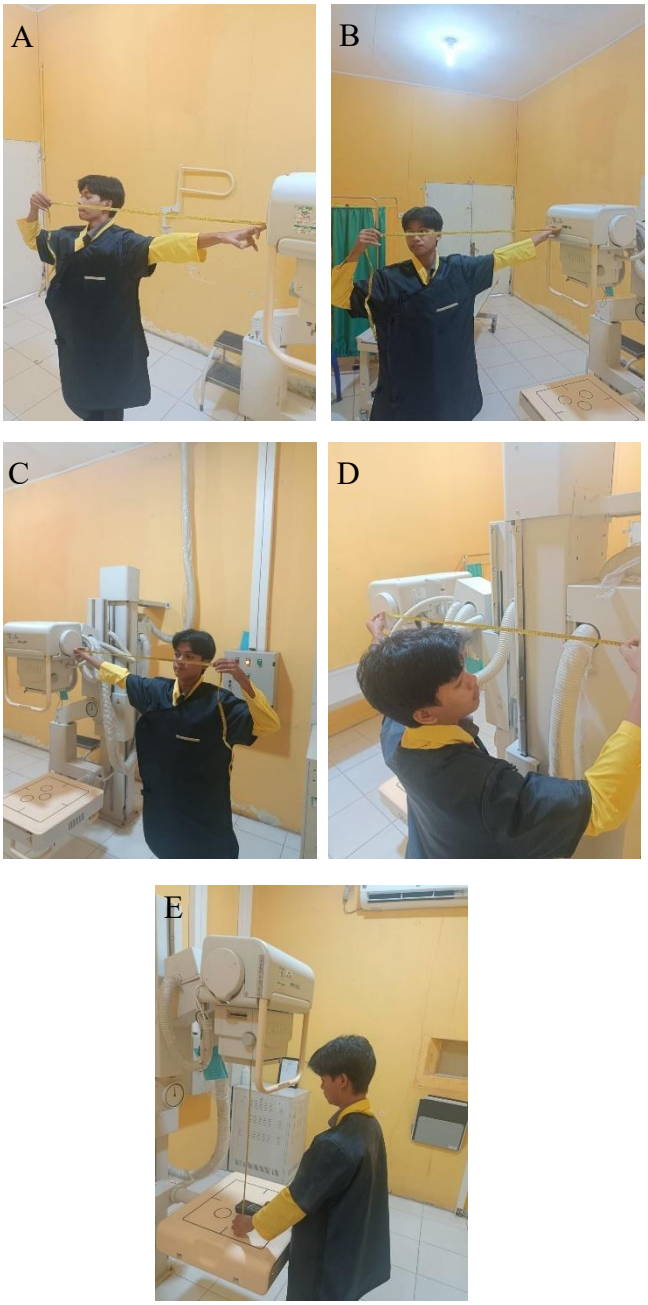
Selotip adalah bahan perekat berbentuk pita tipis yang digunakan sebagai penanda visual di lantai atau permukaan lain untuk memetakan potensi kebocoran dari sumber radiasi.

4.2.1.2 Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X

Sebelum melakukan pengujian kebocoran radiasi pada tabung sinar-X, langkah awal yang dilakukan adalah mengukur nilai radiasi latar belakang (*background radiation*) di ruang pemeriksaan. Pengukuran ini dilakukan menggunakan *surveymeter* dalam kondisi pesawat sinar-X tidak dioperasikan, sehingga nilai yang diperoleh murni berasal dari radiasi lingkungan sekitar. Pencatatan dilakukan setelah indikator pada alat menunjukkan nilai yang stabil. Pada Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan didapatkan nilai radiasi latar belakang (*background radiation*) yaitu sebesar 0,12 usv/h.

Gambar 4.1 Nilai *Background* Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan

Selanjutnya, Gunakan alat ukur berupa meteran untuk menentukan jarak 100 cm dari posisi kanan, depan, kiri, belakang dan bawah tabung pesawat sinar-X sesuai pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Jarak 100 cm dari Posisi (A) Kanan, (B) Depan, (C) Kiri, (D) Belakang, (E) Bawah Tabung Sinar-X

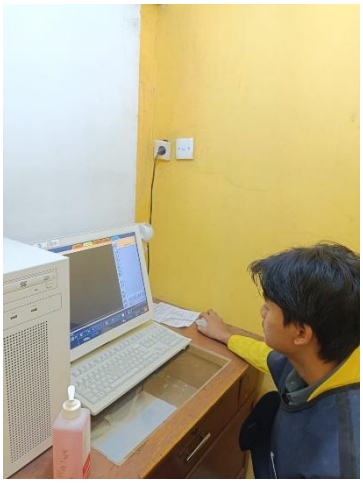
Setiap jarak yang telah ditentukan ditandai dengan menggunakan selotip sebagai penanda posisi pengujian pada permukaan lantai seperti yang terlihat pada Gambar 4.3. Penandaan ini bertujuan untuk memastikan konsistensi posisi pengukuran pada setiap titik sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat dan dapat diulang tanpa perubahan posisi.

Gambar 4.3 Penandaan Jarak Menggunakan Selotip

Lalu, jendela kolimator ditutup rapat untuk memastikan tidak ada celah radiasi yang terbuka. Penutupan ini dilakukan untuk mencegah keluarnya berkas radiasi utama melalui jalur pencitraan, sehingga radiasi yang terdeteksi selama pengujian benar-benar berasal dari potensi kebocoran pada tabung atau pelindungnya.

Gambar 4.4 Menutup Jendela Kolimator

Selanjutnya, lakukan pengaturan faktor eksposi pada 141 kV dan 160 mA, sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan seperti yang terlihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. Pengaturan ini dilakukan untuk menghasilkan kondisi paparan maksimum yang dapat memunculkan potensi kebocoran radiasi, sehingga hasil pengujian lebih representatif.



Gambar 4. 5 Mengatur Faktor Eksposi

Gambar 4. 6 Pengaturan Faktor Eksposi

Berdasarkan gambar 4.6, tampak layar kontrol pesawat sinar-X yang menampilkan faktor eksposi tegangan tabung (kV) dan arus tabung (mA), yaitu 141 kV dan 160 mA. Tegangan tinggi (kV) digunakan untuk mempercepat elektron dengan energi

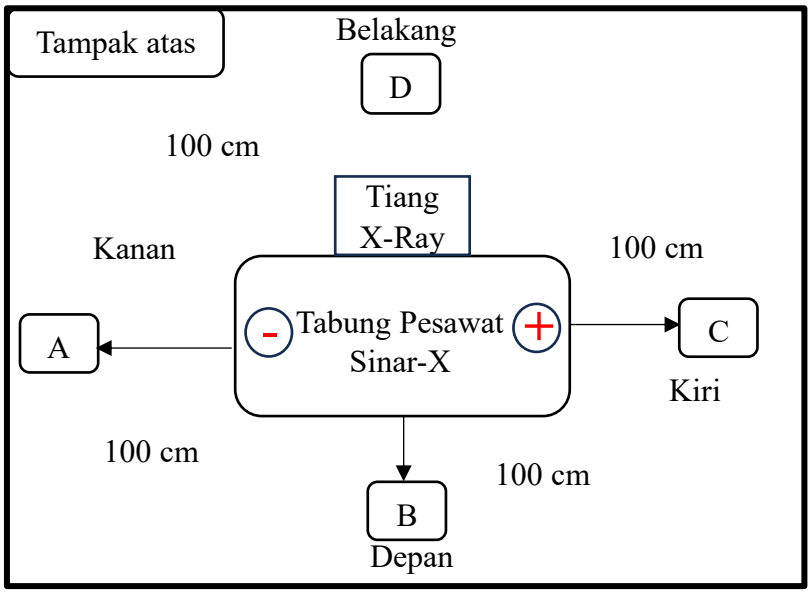
maksimal, sehingga menghasilkan berkas sinar-X dengan daya tembus yang tinggi. Sementara itu, arus tabung (mA) yang cukup besar akan meningkatkan jumlah foton sinar-X. Kombinasi kedua faktor ini memastikan bahwa jika terdapat kebocoran radiasi, nilainya akan terlihat jelas pada alat ukur, meskipun kebocoran tersebut kecil. Pemilihan faktor eksposi yang tinggi seperti 141 kV dan 160 mA bertujuan untuk memberikan kondisi kerja maksimum pada tabung. Hal ini dilakukan untuk memastikan pengujian berlangsung pada beban tertinggi, sehingga potensi radiasi bocor dapat terukur secara optimal.

Peneliti berdiri di titik yang ditandai dengan memperhatikan *surveymeter*. Memegang alat *surveymeter* setinggi pada tabung pesawat sinar-X. Pastikan kembali bahwa alat *surveymeter* masih dalam keadaan menyala. Peneliti meminta bantuan radiografer untuk melakukan ekspos dari balik pintu ruangan pemeriksaan x-ray. Perhatikan angka yang muncul pada layar dengan nilai tertinggi saat melakukan eksposi.

Gambar 4.7 Berdiri Pada Titik yang Ditandai dengan Memperhatikan *Surveymeter*

Hasil bacaan yang tertera pada *surveymeter* yaitu satuan μSv/h. Catat angka kebocoran tertinggi pada *surveymeter* di lembar observasi penelitian. Prosedur serupa diulang untuk posisi kanan, depan, belakang, dan bawah tabung sinar-X. Setiap posisi dilakukan pengeksposan sebanyak tiga kali untuk memperoleh data yang konsisten dan mengurangi kesalahan pengukuran.

Gambar 4.8 Nilai Hasil Pengujian Kebocoran Radiasi Menggunakan *Surveymeter* (μSv/h)



Gambar 4.9 Ilustrasi Pengukuran Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X Tampak Atas

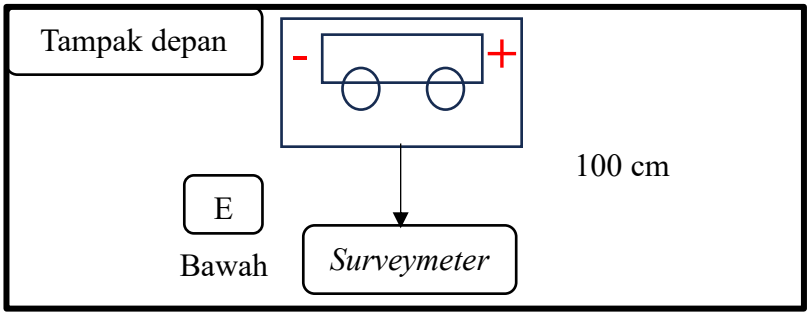
Keterangan

A : Peneliti berdiri di posisi A memegang *surveymeter* dengan jarak sejauh 100 cm dari sebelah kanan tabung pesawat sinar-X

B : Peneliti berdiri di posisi B memegang *surveymeter* dengan jarak sejauh 100 cm di depan tabung pesawat sinar-X

C : Peneliti berdiri di posisi C memegang *surveymeter* dengan jarak sejauh 100 cm dari sebelah kiri tabung pesawat sinar-X

D : Peneliti berdiri di posisi D memegang *surveymeter* dengan jarak sejauh 100 cm di belakang tabung pesawat sinar-X



Gambar 4.10 Ilustrasi Pengukuran Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X Tampak Depan

Keterangan

E : Peneliti menaruh *surveymeter* di posisi E yaitu, dibawah kolimator dengan jarak sejauh 100 cm dari tabung pesawat sinar-X

4.2.1.3 Pengolahan Data

Hasil pengukuran *surveymeter* dari masing-masing sisi diakumulasikan dan dihitung nilai rata-ratanya. Data rata-rata tersebut dimasukkan ke dalam persamaan faktor kalibrasi dan *background* untuk memperoleh nilai bacaan radiasi yang sebenarnya dalam satuan μSv/h. Kemudian, nilai-nilai tersebut dihitung menggunakan rumus kebocoran radiasi guna mengetahui tingkat kebocoran pada masing-masing sisi tabung dalam satuan mGy/h. Hasil akhir disajikan dalam bentuk tabulasi yang berperan penting dalam mendukung prinsip proteksi radiasi, khususnya prinsip optimisasi proteksi yang bertujuan untuk menjaga paparan radiasi serendah mungkin ALARA (*As Low As Reasonably Achievable)*. Selain itu, pemantauan kebocoran radiasi juga merupakan bagian dari

upaya pencegahan paparan tidak terkontrol terhadap pekerja dan lingkungan, serta mendukung penerapan prinsip pembatasan paparan radiasi guna menjamin keselamatan kerja di Instalasi Radiologi.

4.2.2 Hasil Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X

Pengujian kebocoran radiasi dilakukan dengan menggunakan alat ukur *surveymeter* yang dilakukan pada lima sisi tabung pesawat sinar-X. Pengukuran dilakukan dengan tiga kali ekspos pada masing-masing sisi. Akumulasi hasil yang didapatkan pada setiap sisi kemudian cari nilai rata-rata pada setiap sisi tersebut. Hasil pengujian menggunakan alat ukur *surveymeter* kebocoran radiasi dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kebocoran Radiasi Menggunakan *Surveymeter*

No	Sisi Tabung	Nilai *Background* (µSv/jam)	Hasil Pengukuran (µSv/jam)				
			Ekspos 1	Ekspos 2	Ekspos 3	Rata – Rata Hasil ($\overline{X}$)	Hasil Bacaan (Xs)
1.	(A) Kanan	0,12	21,88	20,22	23,56	21,88	18,71
2.	(B) Depan	0,12	138,2	126,5	132,1	132,2	113,58
3.	(C) Kiri	0,12	67,62	63,48	63,14	64,74	55,57
4.	(D)Belakang	0,12	166	164,1	159,2	163,1	140,16
5.	(E) Bawah	0,12	28,62	26,83	22,99	26,14	22,37

Berikut cara untuk mendapatkan nilai rata - rata dari hasil pengukuran menggunakan *surveymeter* :

$$\overline{X} = \frac{\text{Ekspos 1+Ekspos 2+Ekspos 3}}{\text{Total Ekspos}} \text{ µSv/jam}$$

$$= \frac{(21{,}88+20{,}22+23{,}56)}{3} \text{ µSv/jam}$$

$$= \frac{65{,}66}{3} \text{ µSv/jam}$$

$\overline{X}$ = 21,88 μSv/jam

Selanjutnya, hasil tersebut dikurangi dengan nilai latar belakang (*background*) lalu dikalikan dengan faktor kalibrasi *surveymeter* untuk mendapatkan hasil bacaan sebenarnya (Carmelia et al., 2023).

$$X_S = (\overline{X} - BG)\ FK$$

Xs = (21,88 μSv/jam – 0,12 μSv/jam) 0,86

= (21,76 μSv/jam) 0,86

= 18,71 μSv/jam

Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh nilai bacaan tertinggi di posisi belakang dengan nilai 140,16 μSv/jam, sedangkan bacaan terendah tercatat di posisi kanan dengan 18,71 μSv/jam. Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai hasil bacaan tabel 4.1 ke dalam persamaan rumus kebocoran radiasi untuk menentukan apakah terdapat kebocoran radiasi pada tabung pesawat sinar-X dalam satuan mGy/jam.

Selanjutnya cara untuk mendapatkan hasil kebocoran tingkat radiasi pada masing-masing sisi tabung adalah sebagai berikut :

$$\text{Leakage (L)} = Xs \left(\frac{kV\ max}{kV\ Set}\right)^2 \frac{mAcont}{mAset} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$$

$$\text{Leakage (L)} = 18{,}71 \left(\frac{150}{141}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$$

$$= 18{,}71 \left(\frac{50}{47}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$$

$$= 18{,}71 \left(\frac{2500}{2209}\right) \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$$

$$= 1{,}32 \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$$

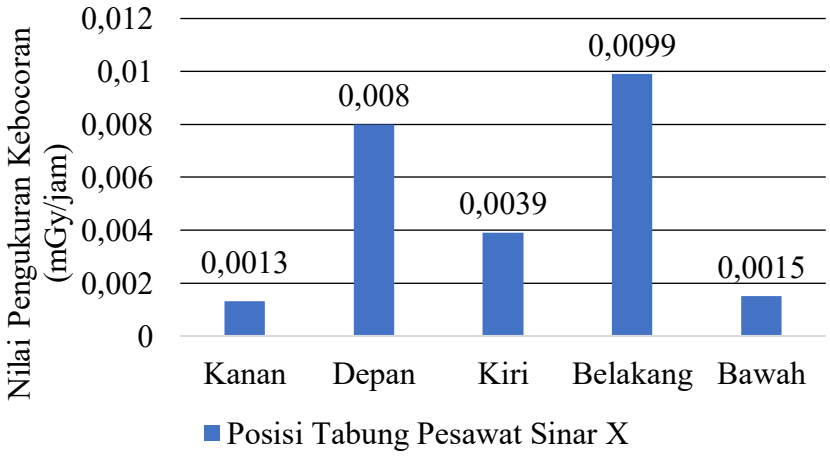
$$= 0{,}0013 \text{ mGy/jam}$$

Setelah dilakukan perhitungan, berikut tabel hasil kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di setiap posisi :

Tabel 4.2 Hasil Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X

No	Sisi Tabung	Jumlah (mGy/jam)
1.	Kanan	0,0013
2.	Depan	0,008
3.	Kiri	0,0039
4.	Belakang	0,0099
5.	Bawah	0,0015
	Total	**0,024**

Berdasarkan tabel 4.2, untuk melihat hasil kebocoran radiasi pada setiap sisi dalam bentuk grafik dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4.11 Grafik Hasil Kebocoran Radiasi Tiap Titik Tabung Pesawat Sinar-X

Berdasarkan hasil pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X, ditemukan bahwa nilai di posisi kanan tabung sinar-X sebesar 0,0013 mGy/jam, posisi depan tabung sinar-X 0,008 mGy/jam, posisi

kiri tabung sinar-X 0.019 mGy/jam, posisi belakang tabung sinar-X 0,0099 mGy/jam, posisi bawah tabung sinar-X 0,0015 mGy/jam. Posisi belakang tabung sinar-X menunjukkan nilai tertinggi, yaitu, 0,0099 mGy/jam, sedangkan posisi kanan tabung sinar-X menunjukkan nilai terendah sebesar 0,0013 mGy/jam. Total kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X sebesar 0,024 mGy/jam.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai prosedur pengukuran kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD, adapun pembahasannya sebagai berikut:

4.3.1 Prosedur pengujian kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X

Bertujuan untuk mengetahui langkah – langkah dalam melakukan pengujian kebocoran radiasi dan mengetahui nilai kebocoran radiasi tabung pesawat sinar-X menggunakan *surveymeter*. Dalam penelitian ini, langkah awal yang dilakukan adalah mempersiapkan alat yang digunakan selama pengujian, yaitu *surveymeter* yang telah dikalibrasi, pesawat sinar-X yang telah dilakukan pemanasan, penggunaan apron, alat ukur berupa meteran untuk menentukan jarak dari sumber ke potensi kebocoran, dan selotip untuk menandakan dan memetakan jarak ukur. Pengujian selanjutnya yaitu menentukan nilai radiasi latar belakang (*background radiation*) di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan. Pengukuran dilakukan di beberapa posisi sekitar tabung, yaitu posisi kanan, depan, kiri, belakang dan bawah tabung sejauh 100 cm dari tabung dengan masing masing tiga kali pengulangan untuk memperoleh hasil

yang akurat dan meminimalkan kesalahan akibat variasi data. Lalu, tutup jendela kolimator sehingga radiasi yang terdeteksi selama pengujian benar-benar berasal dari potensi kebocoran pada tabung atau pelindungnya. Lakukan pengaturan faktor eksposi pada 141 kV dan 160 mA. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali dimana pengukuran dilakukan disetiap sisi sebanyak 3 kali. Nilai rata-rata dari setiap posisi pengujian dihitung untuk mengurangi kemungkinan kesalahan akibat fluktuasi data.

Prosedur ini sejalan dengan penelitian Carmelia dan kolega (2023), yang bertujuan mendeteksi kebocoran radiasi pada tabung pesawat sinar-X konvensional menggunakan *surveymeter* di Instalasi Radiologi RSD Mangusada. Pengujian dilakukan dengan menempatkan *surveymeter* pada lima titik berbeda dengan jarak 100 cm dari tabung sinar-X. *Surveymeter* berfungsi mencatat frekuensi serta angka hasil interaksi energi sinar-X. Saat dinyalakan, alat diatur pada satuan yang telah ditentukan. Pada awal pengoperasian, *surveymeter* akan membaca nilai background, yang ditampilkan dalam satuan µSv/jam.

Penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ledwina (2021), yaitu sama-sama menitik beratkan pada pengujian kebocoran radiasi tabung sinar-X dengan menggunakan *surveymeter* sebagai alat ukur utama. Kedua penelitian tersebut menerapkan prosedur pengujian radiasi di beberapa titik di sekitar tabung, baik pada bagian depan, belakang, anoda, maupun katoda, untuk mengetahui nilai paparan yang mungkin timbul akibat kebocoran radiasi.

Prosedur pengujian kebocoran radiasi pada tabung sinar-X dalam penelitian ini telah dilaksanakan berdasarkan standar keselamatan radiasi yang berlaku, yaitu Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 15 Tahun 2014 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X serta Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1250 Tahun 2009 tentang Standar Proteksi Radiasi. Seluruh tahapan pengujian dilakukan secara sistematis, mulai dari persiapan alat ukur berupa surveymeter, penentuan titik pengukuran di sekeliling tabung sinar-X, hingga pelaksanaan pengulangan pengukuran sebanyak tiga kali pada setiap titik untuk memperoleh data yang akurat. Hasil tersebut kemudian dihitung nilai rata-rata pada setiap posisi, kemudian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan kebocoran radiasi dengan memperhitungkan faktor kalibrasi dan nilai latar belakang (*background*) untuk mendapatkan nilai radiasi sebenarnya sehingga data yang diperoleh lebih representatif.

4.3.2 Hasil Nilai Pengujian Kebocoran Radiasi

Berdasarkan hasil pengujian diatas, tingkat kebocoran radiasi di RSUD Selasih Pelalawan disajikan pada tabel 4.1 dan 4.2 menghasilkan rerata kebocoran radiasi masing-masing sisi pada tabung pesawat sinar-X. Data dengan menggunakan kV ± 10 dari maksimum yaitu kV 141 dan mA 160. Setelah diperoleh hasil pengukuran data pada penelitian ini maka didapatkan hasil bacaan posisi kanan tabung sinar-X sebesar 0,0013 mGy/jam, depan tabung sinar-X 0,008 mGy/jam, kiri tabung sinar-X 0,0039 mGy/jam, belakang tabung sinar-X 0,0099 mGy/jam, dan bawah tabung sinar-X 0,0015 mGy/jam. Posisi belakang tabung sinar-X

mencatat bacaan nilai tertinggi yaitu 0,0099 mGy/jam, sementara posisi kanan tabung sinar-X menunjukkan bacaan nilai terendah sebesar 0,0013 mGy/jam.

Temuan dari pengujian kebocoran radiasi pada tabung sinar-X menunjukkan bahwa pemantauan rutin terhadap peralatan sinar-X sangat penting untuk menjamin keselamatan radiasi. Apabila kebocoran radiasi tidak teridentifikasi, hal ini dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan, khususnya pada tenaga kerja maupun pengguna yang terpapar dalam jangka waktu lama. Oleh sebab itu, kalibrasi peralatan serta pelaksanaan prosedur pengujian secara berkala perlu dilakukan guna memastikan perlindungan yang optimal serta mencegah risiko paparan radiasi berlebihan (IAEA, 2018).

Indahdewi dan Dinanda (2020 dalam Carmelia et al., 2023) menyebutkan bahwa apabila nilai kebocoran tabung sinar-X melebihi batas yang ditetapkan, maka akan terjadi paparan radiasi berlebih yang dapat menimbulkan efek merugikan, seperti kerontokan rambut serta kerusakan pada kulit. Selain itu, penerimaan dosis radiasi yang tinggi juga dapat mengakibatkan penurunan jumlah limfosit secara signifikan. Pengujian ini dilakukan pada pesawat sinar-X konvensional yang terpasang secara permanen. Apabila pengujian diterapkan pada pesawat sinar-X mobile yang dapat dipindahkan ke berbagai ruangan, terutama yang sering digunakan di ruang NICU (*Neonatal Intensive Care Unit*), maka area dengan tingkat kebocoran tertinggi perlu dijauhkan dari individu di sekitarnya, khususnya bayi, atau diberi pelindung tambahan

dengan cara menambah jarak aman maupun menggunakan tabir radiasi. penghalang dari individu yang ada didekatnya, khususnya bayi, dengan memperbesar jarak, atau menggunakan tabir radiasi.

Berdasarkan hasil pengujian, disarankan agar petugas radiasi meningkatkan frekuensi inspeksi dan pada bagian belakang tabung sinar-X, mengingat wilayah tersebut menunjukkan nilai kebocoran radiasi yang paling tinggi sehingga berpotensi meningkatkan risiko paparan radiasi bagi individu yang menjalankan operasional pencitraan sinar-X.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai "Prosedur Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan" dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Prosedur pengujian kebocoran radiasi telah dilaksanakan sesuai dengan standar keselamatan radiasi, yaitu landasan PERKA BAPETEN No. 15 Tahun 2014 dan KEMENKES No. 1250 Tahun 2009. Pengujian dilakukan secara sistematis untuk mendapatkan nilai rata-rata yang representatif. Data hasil pengukuran kemudian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan kebocoran radiasi dengan memperhitungkan faktor kalibrasi dan nilai latar belakang (*background*) untuk mendapatkan nilai radiasi sebenarnya. Nilai kebocoran radiasi yang diperoleh dari setiap sisi tabung disajikan dalam bentuk tabulasi, guna mempermudah analisis dan evaluasi terhadap tingkat keamanan radiasi di sekitar pesawat sinar-X.
2. Distribusi kebocoran radiasi bervariasi pada setiap sisi tabung sinar-X. Urutan nilai tertinggi dimulai pada posisi belakang tabung sinar-X sebesar 0,0099 mGy/jam, depan tabung sinar-X sebesar 0,008 mGy/jam, kiri tabung sinar-X sebesar 0,0039 mGy/jam, bawah tabung sinar-X sebesar 0,0015 mGy/jam dan kanan sebesar 0,0013 mGy/jam

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, penulis memberikan beberapa saran untuk meningkatkan kualitas pengujian kebocoran

radiasi serta memastikan keselamatan radiasi di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan.

1. Melakukan pengukuran kebocoran radiasi secara rutin (minimal setiap tahun atau sesuai jadwal kalibrasi alat) sesuai peraturan KEMENKES RI Nomor 1250 Tahun 2009 guna memastikan bahwa nilai kebocoran tetap dalam batas aman.
2. Penelitian selanjutnya membuat *database* historis kebocoran radiasi untuk memantau tren perubahan dari waktu ke waktu. Jika kebocoran radiasi di area tertentu, misalnya belakang tabung cenderung tinggi, petugas sebaiknya diberi arahan untuk menghindari posisi tersebut saat tidak diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-farisy, M. S. H., Wati, R., & Nasokha, I. M. M. A. (2024). Studi kasus pemeliharaan lead apron di instalasi radiologi RS PKU Muhammadiyah Lamongan. *In Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas' Aisyiyah Yogyakarta* (Vol. 2, pp. 1149-1157).

Ali, M., Hariyati, T. (2022). Metodologi penelitian kuantitatif dan penerapan nya dalam penelitian. *JPIB: Jurnal Penelitian Ibnu Rusyd*, *1*(2), 1-5.

Alif, M., Septiana, N., & Bahriyah, E. N. (2023). Pemanfaatan media sosial bagi petani di lahan rawa pasang surut Desa Sungai Kambat. *KOMUNIKOLOGI: Jurnal Ilmiah Ilmu Komunikasi*, *20*(01).

Anisa Fitrah Ramadhani (2024). *Uji Deteksi Kebocoran Radiasi Pada Tabung Pesawat Sinar X Mobile Merk Siemens di RSUD Petala Bumi Provinsi Riau.*

Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). 2014. Peraturan Kepala BAPETEN No. 15 Tahun 2014 Tentang Keselamatan Radiasi dalam Produksi Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional, Jakarta.

Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). 2020. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Radiologi Diagnostik Dan Intervensional.

Badan Teknologi Nuklir Nasional (BATAN). 2013. *Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir*. Jakarta: BATAN Press.

Carmelia, Y., Sutapa, G. N., Pranditayana, N., Bagus, I., Suryatika, M., Made Sumadiyasa, I., Agung, A., & Gunawan, N. (2023). *PROSIDING SEMINAR KESELAMATAN NUKLIR 2023 Uji Kebocoran Tabung Pesawat Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RSD Mangusada*.

Delfia, P. L. (2021). *Uji Kebocoran Radiasi Pada Tabung Sinar-X dan Ruangan Laboratorium Radiologi Stikes Guna Bangsa Yogyakarta Tugas Akhir*

Dian Pratiwi, A., Yunawati, I., Kesehatan Masyarakat, J., Kesehatan Masyarakat, F., & Halu Oleo, U. (2021). *409 HIGEIA 5 (3) (2021) HIGEIA JOURNAL OF PUBLIC HEALTH RESEARCH AND DEVELOPMENT Penerapan Proteksi Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit*.

Dianasari, T., & Koesyanto, H. (2017). Penerapan manajemen keselamatan radiasi di instalasi radiologi rumah sakit. *Unnes Journal of Public Health*, *6*(3), 174-183.

FITRI, Y. (2021). *PENGUKURAN KEBOCORAN RADIASI PADA RUANGAN INSTALASI RADIOLOGI RSUD PETALA BUMI* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS AWAL BROS).

Hidayah, N., Astari, F. M., Rad, T. R., & Fakhrurreza, M. (2021). *Uji Kebocoran Tabung Pesawat Sinar-X Mobile di Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta).

Hiswara, Eri. 2015. *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit. Batan Press: Batan*.

Hulmansyah, D., Bisra, M., Puspitaningtyas, D., Putri, Sarika. (2025). *Kendali dan Jaminan Mutu Modalitas Radiologi*. Malang. Buku referensi dasar-dasar radiologi klinis.

Hulmansyah, D., Yoshandi, T. M., & Syukri, A. (2024). Sosialisasi Budaya Kesehatan Keselamatan Kerja (K3) Dasar Bagi Siswa Tingkat Sekolah Menengah Pertama. *Awal Bros Journal of Community Development*, *5*(1), 36-41.

IAEA Safety Standards for protecting people and the environment Specific Safety Guide No. SSG-46 Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. (2018).

Indahdewi, L., & Rizki, D. (2020). Efek Paparan Radiasi dari Mesin X-Ray dan Metal Detector terhadap Kesehatan Petugas Pengamanan Lembaga Pemasyarakatan. *Journal of Correctional Issues*, *3*(1), 16-26.

Indrati, R., Masrochah, S., Susanto, E., Kartikasari, Y., Wibowo, A. S., Darmini, A. B., & Rasyid, M. E. (2017). Proteksi radiasi bidang radiodiagnostik dan intervensional. *Magelang: Inti Medika Pustaka*.

Kim, E., Park, H., Choi, H., & Kim, J. (2023). An assessment of the usefulness of handheld X-ray devices in general radiography based on a performance evaluation experiment. *International Journal of Radiation Research*, *21*(3), 545-551.

KMK-1250-TH-2009-QC-Peralatan-Diagnostik. (2009).

Lalrinmawia, J., Pau, K. S., & Tiwari, R. C. (2019). *Investigation of conventional diagnostic X-ray tube housing leakage radiation using ion chamber survey meter in Mizoram*, India.

Lestari, Sri. (2019). *Teknik Radiografi Medis*. Magelang: Inti Medika Pustaka

Normawati, S. (2022). Penerapan Proteksi Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit RSKD Dadi Provinsi Sulawesi Selatan. *JURNAL RISET RUMPUN ILMU KEDOKTERAN*, *1*(2), 168-179.

Nurvan, H., Wardani, A. K., & Palupi, N. E. (2023). Karakteristik Pemeriksaan Pasien Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Ananda Babelan Bekasi Periode Agustus 2021–Juli 2022: Studi Retrospektif. *Jurnal Pandu Husada*, *4*(4), 1-14.

Prameswari, E. P. A., Sutapa, G. N., Ratnawati, I. G. A. A., Ratini, N. N., Artawan, I. N., & Trisnawati, N. L. P. (2024). Analisis Laju Dosis Radiasi di Area Ruang CT Scan di Instalasi Radiologi RSU Bali Mandara. *Kappa Journal*, *8*(2), 201–207.

PERKA BAPETEN. (2022). Perka Bapeten Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan Atas Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 Tahun

2018 Tentang Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.

Rahadi, D. R. (2020). Konsep Penelitian kualitatif plus tutorial NVivo. *PT. Filda Fikrindo, Bogor*.

Rahman, F. U. A., Nurrachman, A. S., Astuti, E. R., Epsilawati, L., & Azhari, A. (2020). Paradigma baru konsep proteksi radiasi dalam pemeriksaan radiologi kedokteran gigi: dari ALARA menjadi ALADAIP. *Jurnal Radiologi Dentomaksilofasial Indonesia (JRDI)*, *4*(2), 27.

Rahman, H., & Harjanto, J. (2023). ANALISIS KORELASI ANTARA NILAI DEVIATION INDEX DAN ENTRANCE SURFACE AIR KERMA (ESAK) DALAM UPAYA OPTIMISASI DOSIS RADIASI PASIEN DI MANDAYA ROYAL HOSPITAL PURI. *Prosiding Seminar Si-INTAN*, *3*(1), 76–81.

Sa'diyah, H., Fitria, N., Yusiana, S., Arista, R., Kelvin, M., Prihandono, T., & Mahmudi, K. (2024). Pengaruh radiasi extremely low frequency (ELF) terhadap pertumbuhan tanaman. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 10(1), 173-179.

Suzuki, K., Negishi, T., Kato, Y., Kono, Y., & Sekimoto, M. (2023). Calibration of NaI (Tl) Scintillation Survey Meter Using Industrial X-ray Equipment. *Sensors and Materials*, *35*(8–3), 2961–2970.

Wahyuni, F., Sugiarti, S., Aryati, K. E., & Usfiniti, Y. K. (2024). Gambaran Peralatan Proteksi Radiasi di Intalasi Radiologi Rumah Sakit Khusus Bedah Hasta Husada. *Jurnal Surya Medika (JSM), 10*(3), 218-224.

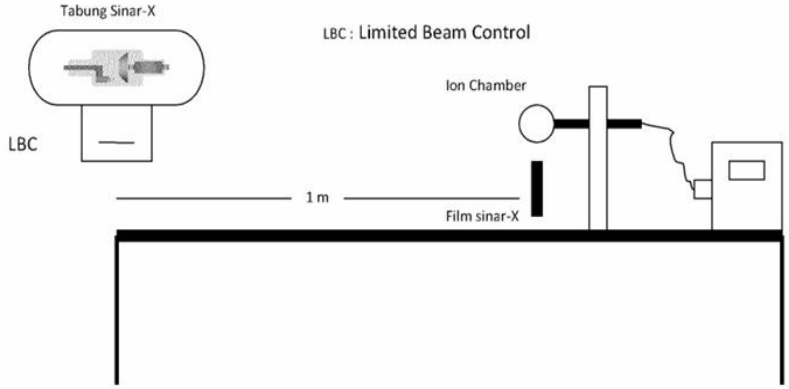
LAMPIRAN

Lampiran 1. Standar Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X

KEMENKES No. 1250 Tahun 2009

A.2.a. UJI KEBOCORAN RUMAH TABUNG SINAR-X

TUJUAN	Untuk menentukan area kebocoran radiasi yang terjadi pada rumah tabung sinar-X dan untuk mengukur nilai kebocoran yang terjadi. Uji ini juga perlu dikerjakan jika telah dilakukan perawatan atau perbaikan terhadap rumah tabung sinar-X.
ALAT DAN BAHAN	1. Beberapa film sinar-X yang terbungkus karton/amplop kedap cahaya atau kaset sinar-X berisi fresh film 2. Ionization Chamber dan electrometer dengan kemampuan jangkauan area detector tidak melampau 100 cm^2 3. Pita pengukur 4. Plester plastik tidak tembus pandang



CARA KERJA

1. Pastikan bahwa sebelum pengujian dilakukan, prosedur *warm up* pesawat sinar-X telah dilakukan dan posisi *shutter* kolimator dalam keadaan tertutup
2. Letakkan film sinar-X yang terbungkus karton/amplop kedap cahaya di sekitar dekat rumah tabung sinar-X dan pastikan pada posisi tersebut film dapat merespon (untuk itu pemasangan marker pada aplom film akan sangat berguna)
3. Sebaiknya dilakukan juga pemakaian beberapa film dan pengujian pada penempatan di lokasi/area yang berbeda di sekitar rumah tabung.
4. Posisikan Ionization Chamber sebagaimana gambar di atas guna pengukuran nilai paparan radiasi
5. Lakukan eksposi dengan pengaturan tegangan tabung ±10 kVp dari kVp maksimum yang ada pada pesawat dengan pengaturan arus tabung sekon pada ± 50 mAs untuk penggunaan kaset sinar-X (jika memakai film sinar-X yang terbungkus karton/amplop kedap cahaya nilai mAs diperlukan lebih besar)

   Catatan:

   Pemakaian tegangan tabung ±10 kVp dari kVp maksimum yang ada pada pesawat dimaksudkan agar tidak terjadi over-voltage
6. Proses film selanjutnya untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran radiasi berikut besarnya nilai kebocoran tersebut
7. Catat besarnya paparan radiasi yang terbaca pada read out electrometer.

FREKUENSI UJI	1 (satu) tahun sekali atau setelah perbaikan atau perawatan rumah tabung dan kolimator.
PENILAIAN DAN EVALUASI	Nilai maksimum yang diperkenankan terjadinya kebocoran radiasi adalah 1 mGy per 1 jam pada jarak 1 m ketika tabung sinar-X beroperasi pada tegangan maksimum rata-rata dan arus tabung kontinu maksimum. Spesifikasi beban tabung yang dikeluarkan oleh pabrik akan diperlukan sebagai referensi (SA 1975:2000, Health Departement of Western Australia). Periksa dengan teliti film-film yang telah diproses, jika rumah tabung berfungsi sebagai pelindung (shielding) yang efektif maka pada film tidak ada efek kebocoran radiasi (penghitaman). Dengan demikian hasil-hasil pengukuran yang dilakukan dapat dikoreksi sesuai persyaratan dimaksud.

Lampiran 2. Surat Permohonan Izin Survey Awal

UNIVERSITAS AWAL BROS
A Spirit of Caring
A Vision of Excellence

Pekanbaru, Jl.Karya Bakti, No 8 Simp. BPG 28141
Telp. (0761) 8409768/ 082276268786
Batam, Jl.Abulyatama, 29464
Telp. (0778) 4805007/ 085760085061
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

Pekanbaru, 24 April 2025

No : 00033/UAB1.01.3.3/U/KPS/4.25
Lampiran : -
Perihal : **Surat Permohonan Izin Survey Awal**

Kepada Yth :
Bapak/Ibu Direktur Rumah Sakit
di-
Tempat

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

Teriring puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa, berdasarkan kalender Akademik Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Pekanbaru Tahun Ajaran 2024/2025 Genap, bahwa Mahasiswa/i kami akan melaksanakan penyusunan Proposal Karya Tulis Ilmiah (KTI).

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

Nama	:	Deka Fadhil
Nim	:	202211402031
Dengan Judul	:	Uji Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X Konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan

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

Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi
Universitas Awal Bros

Shelly Angella,S.Tr.Rad., M.Tr.Kes
NIDN. 1022099201

Tembusan :
1.Arsip

Lampiran 3. Surat Balasan Izin Survey Awal

RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
SELASIH
Jl. Rumah Sakit No. 1 Pkl. Kerinci Telp. (0761) 7050995 / 7051003
PANGKALAN KERINCI Kode Pos : 28300

Pangkalan Kerinci, 28 April 2025

Nomor : 900.1.1.4/BLUD-RSUD/2025/
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Perihal : Balasan Permohonan Izin Survey Awal

Kepada Yth,:
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros
di –
Pekanbaru

Dengan Hormat,
Terimakasih untuk kepercayaan yang telah diberikan kepada RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan dan semoga Bapak/Ibu selalu dalam lindungan Allah SWT.
Sehubungan dengan adanya permohonan Izin Survey Awal di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan, sesuai dengan surat yang kami terima No. 00033/UAB1.01.3.3/U/KPS/4.25, maka dengan ini kami beritahukan bahwa kami memberikan izin kepada mahasiswi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Pekanbaru atas nama Deka Fadhil (NIM: 202211402031) untuk melakukan Survey Awal di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan. Dengan ketentuan yang bersangkutan mengikuti aturan atau kebijakan yang ada di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan.

Berdasarkan Peraturan Bupati Nomor : 25 Tahun 2017 tentang Perubahan atas Peraturan Bupati Pelalawan No. 62 Tahun 2016 tentang Tarif Pelayanan Kesehatan BLUD RSUD Selasih Kapupaten Pelalawan adalah sebagai berikut :

No	Jenis Layanan	Biaya	Keterangan
I.	Penelitian (paket/orang) - Program D III - Program D IV / S 1 - Program S2, S3	 Rp. 35.000,- Rp. 50.000,- Rp. 575.000,-	

Demikian hal ini disaNomJenis LayananpBiayaaKeteranganikan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

DIREKTUR RSUD SELASIH
KABUPATEN PELALAWAN

dr. IRNA
Pembina
NIP. 19711028 200312 2 008

Lampiran 4. Surat Izin Penelitian

UNIVERSITAS AWAL BROS
A Spirit of Caring
A Vision of Excellence

Pekanbaru, Jl.Karya Bakti, No 8 Simp. BPG 28141
Telp. (0761) 8409768/ 082276268786
Batam, Jl.Abulyatama, 29464
Telp. (0778) 4805007/ 085760085061
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

No : 00071/UAB1.01.3.3/U/KPS/6.25
Lampiran : -
Perihal : **Surat Izin Penelitian**

Kepada Yth :
Bapak/Ibu Direktur RSUD Selasih Pelalawan
di-
Tempat

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

Teriring puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa, berdasarkan kalender Akademik Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros Tahun Ajaran 2024/2025 Genap, bahwa Mahasiswa/i kami akan melaksanakan penyusunan Karya Tulis Ilmiah (KTI).

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

Nama : Deka Fadhil
Nim : 202211402031
Dengan Judul : Prosedur Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan

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

Pekanbaru, 18 Juni 2025
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi
Universitas Awal Bros

Shelly Angella,S.Tr.Rad., M.Tr.Kes
NIP. 1022099201

Tembusan :

Lampiran 5. Surat Balasan Izin Penelitian

RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
SELASIH
Jl. Rumah Sakit No. 1 Pkl. Kerinci Telp. (0761) 7050995 / 7051003
PANGKALAN KERINCI
Kode Pos : 28300

Pangkalan Kerinci, 28 Juli 2025

Nomor : 900.1.1.4/BLUD-RSUD/2025/ 3025
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Perihal : Surat Keterangan Selesai Penelitian

Kepada Yth,:
Ka. Prodi DIII Teknik Radiologi Universitas Awal Bros
di –
Pekanbaru

Dengan Hormat,
Terimakasih untuk kepercayaan yang telah diberikan kepada Rumah Sakit Umum Daerah Selasih Pangkalan Kerinci dan semoga Bapak/Ibu selalu dalam lindungan Allah SWT.

Melalui surat ini kami beritahukan bahwa mahasiswi dengan data berikut :

Nama	: Deka Fadhil
NIM	: 202211402031
Judul Penelitian	: Prosedur Pengujian Kebocoran Radiologi Tabung Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan.

Telah selesai melakukan Penelitian di RSUD Selasih Kabupaten Pelalawan bulan Juni s/d Juli 2025.
Demikian hal ini disampaikan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

DIREKTUR RSUD SELASIH
KABUPATEN PELALAWAN

dr. IRNA
Pembina
NIP. 19711028 200312 2 008

Lampiran 6. Surat Permohonan Persetujuan Etik

UNIVERSITAS AWAL BROS
A Spirit of Caring
A Vision of Excellence

Pekanbaru, Jl.Karya Bakti, No 8 Simp. BPG 28141
Telp. (0761) 8409768/ 082276268786
Batam, Jl.Abulyatama, 29464
Telp. (0778) 4805007/ 085760085061
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

Pekanbaru , 21 Juni 2025

Nomor : 00106/UAB1.20/DL/KPS/6.25
Lampiran : 1 (satu) Berkas
Perihal : Permohonan Persetujuan Etik

Kepada Yth :
Ketua Komisi Etik Penelitian
Universitas Awal Bros

Sehubungan dengan rencana penelitian yang akan dilaksanakan oleh:

Nama Peneliti	:	Deka Fadhil
Program Studi	:	DIII Teknik Radiologi
Judul	:	Prosedur Pengujian Kebocoran Radiasi Tabung Pesawat Sinar-X di Instalasi Radiologi RSUD Selasih Pelalawan
Pembimbing 1	:	AULIA ANNISA.,M.Tr.ID
Pembimbing 2	:	DANIL HULMANSYAH

Maka bersama ini kami mengajukan permohonan persetujuan etik sebagai salah satu syarat penelitian tersebut bisa dilakukan.

Demikian kami sampaikan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi
DIII Teknik Radiologi

Shelly Angella,S.Tr.Rad., M.Tr.Kes
NIDK : 1022099201

Lampiran 7. Surat Rekomendasi Persetujuan Etik

UNIVERSITAS AWAL BROS
A Spirit Of Caring
A Vision of Excellence

Pekanbaru, Jl.Karya Bakti, No 8 Simp. BPG 28141
Telp. (0761) 8409768/ 082276268786
Batam, Jl.Abulyatama, 29464
Telp. (0778) 4805007/ 085760085061
Website: univawalbros.ac.id | Email : univawalbros@gmail.com

REKOMENDASI PERSETUJUAN ETIK
Nomor : 0130/UAB1.20/SR/KEPK/07.25

Dengan Ini Menyatakan Bahwa Protokol Dan Dokumen Yang Berhubungan Dengan Protokol Berikut Telah Mendapatkan Persetujuan Etik :

No Protokol	UAB250010		
Peneliti Utama	Deka Fadhil		
Judul Penelitian	PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN		
Tempat Penelitian	Instalasi Radiologi RSUD Selasih, Jalan Rumah Sakit No.01, Pangkalan Kerinci Bar., Kec. Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan, Riau 28654.		
Masa Berlaku	09 Juli 2025 - 09 Juli 2026		
Ketua Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Awal Bros	**Nama :** Eka Fitri Amir S.ST.,M.Keb	**Tanda Tangan:**	**Tanggal:** 09 Juli 2025

Kewajiban Peneliti Utama :
1. Menyerahkan Laporan Akhir Setelah Penelitian Berakhir
2. Melaporkan Penyimpangan Dari Protokol Yang Disetujui
3. Mematuhi Semua Peraturan Yang Telah Ditetapkan

Lampiran 8. Data Hasil Uji Paparan Radiasi RSUD Selasih Pelalawan Tahun 2022

PT. GLOBAL PROMEDIKA SERVICES

HASIL PENGUKURAN PAPARAN RADIASI

Data Intansi		
Nama Instansi	:	RSUD Selasih
Alamat	:	Jalan Rumah Sakit No. 1, Pangkalan Kerinci Barat, Pangkalan Kerinci, Kec. Pelalawan, Kab. Pelalawan, Riau 28654
Telp & Fax	:	(0761) 493984
PPR & No. SIB	:	-

Data Penguji		
Nama Instansi	:	PT. Global Promedika Service
Alamat	:	Jl. Penjernihan Raya No.38 Jakarta Pusat
Telp & Fax	:	(021) 5743 280 / (021) 5743 280
Tanggal Uji	:	9 Juni 2022
Penguji PPR & No. SIB	:	Andri Yansyah / 353787.224.00.210721

Data Sumber Radiasi

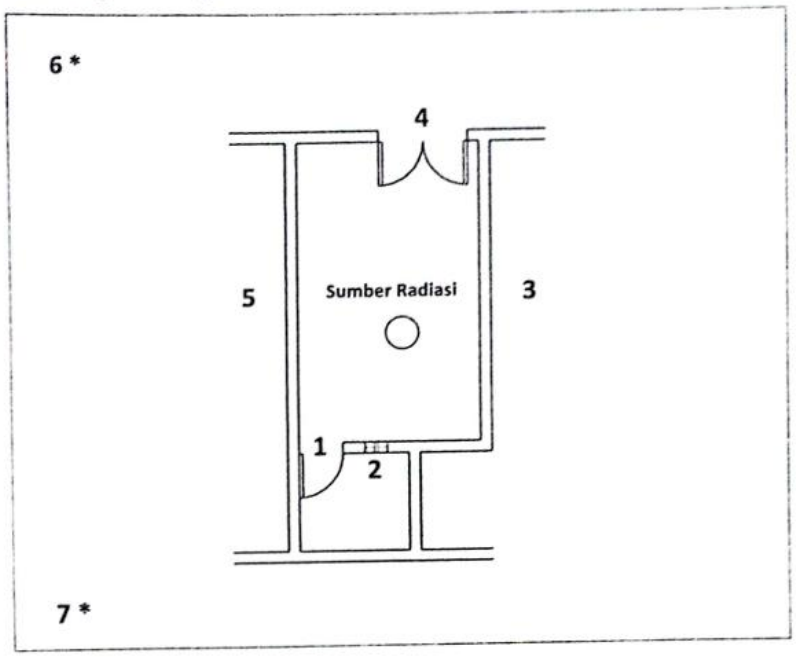
Data Tabung			Data Generator		
Pabrikan	:	Philips	Jenis Pesawat	:	Radiografi Umum
Model	:	RO1750 / 9806 206 70102	Pabrikan	:	Philips
Nomor Seri	:	247648	Model	:	4598-006-34371
kV max	:	150 kVp	Nomor Seri	:	170061
mA max	:	630 mA	kV max	:	150 kVp
Fokus besar	:	1 mm	mA max	:	630 mA
Fokus kecil	:	0,6 mm	Tahun Pembuatan	:	2017
Filter bawaan	:	2,5 mmAl pada 150 kVp	Tahun Install	:	-

Data Wadah Tabung			Data Kolimator		
Pabrikan	:	Philips	Pabrikan	:	Ralco
Model	:	RO 1750 ROT 360 / 9890 000 86111	Model	:	P 313/A / 9890-010-80442
Nomor Seri	:	21866Y247648	Nomor seri	:	1612034

PT. GLOBALPROMEDIKA SERVICES
Gedung PT. Bersaudara Lt. 4
Jl. Penjernihan 1 No. 38, Jakarta Pusat - Jakarta 1021(
Telp. : (021) 5701467, 57930464
Fax. : (021) 5701468, 5743280

PT. GLOBAL PROMEDIKA SERVICES

Denah Ruangan Radiologi Kamar 2



Nama Ruangan : Radiologi Kamar 2

Ukuran Ruangan : 5.50 x 3.29 x 3.50 m

KV : 85 **mA: 40** **mAs : -** **s : 0,5**

Background : 0,5 µSv/Jam

PT. GLOBAL PROMEDIKA SERVICES
Gedung PT. Bersaudara Lt. 4
Jl. Penjernihan 1 No. 38, Jakarta Pusat - Jakarta 1021(
Telp. (021) 5701467, 57930464
Fax. (021) 5701468, 5743280

PT. GLOBAL PROMEDIKA SERVICES

No	Nama Ruangan	Hasil Ukur µSv / jam	Keterangan
1	**Pintu Ruang Operator**	0 µSv/Jam	Pada jarak 30 cm
		0 µSv/Jam	Pada jarak 100 cm
2	**Kaca PB Ruang Operator**	0,2 µSv/Jam	Pada jarak 30 cm
		0 µSv/Jam	Pada jarak 100 cm
3	**Kamar 1**	0,2 µSv/Jam	Pada jarak 30 cm
		0,2 µSv/Jam	Pada jarak 100 cm
4	**Pintu Pasien**	1 µSv/Jam	Pada jarak 30 cm
		1,5 µSv/Jam	Pada jarak 100 cm
5	**Ruang USG**	0 µSv/Jam	Pada jarak 30 cm
		0 µSv/Jam	Pada jarak 100 cm

Pelaksanaan Pengukuran Paparan Radiasi

Data alat ukur		
Nama alat ukur	:	Survey Meter
Pabrikan	:	Aloka
Model	:	ICS-311
No seri	:	46R547
Tanggal kalibrasi	:	9 Februari 2022
Faktor Koreksi (FK)s	:	1,02
Target	:	Phantom Perspex
Merek	:	Pro Project

Jakarta, 9 Juni 2022

Andri Yansyah

PT. GLOBALPROMEDIKA SERVICES
Gedung PT Bersaudara Lt 4
Jl. Penjernihan 1 No. 38, Jakarta Pusat - Jakarta 10210
Telp. : (021) 5701467, 5730464
Fax. : (021) 5701468, 5743280

Lampiran 9. Lembar Observasi Penelitian

LEMBAR OBSERVASI PENELITIAN

Nama	:	Deka Fadhil
NIM	:	202211402031
Judul Penelitian	:	PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN
Tanggal Penelitian	:	28 Juni 2025
Instrumen Penelitian	:	1. Pesawat sinar-X 2. *Surveymeter* 3. Apron 4. Alat ukur (Meteran) 5. Selotip

Faktor Eksposi		Posisi → Surveymeter (100 cm)	Hasil Bacaan Surveymeter (µGy/jam)			Rata-Rata Bacaan (µGy/jam)	Radiasi *Back ground* (µGy /jam)
kVp	mAs		1	2	3		
141	32	(A) Kanan tabung	21,00	20,22	23,56	21,00	0,12
141	32	(B) Depan tabung	120,2	126,5	132,1	132,26	0,12
141	32	(C) Kiri tabung	67,62	63,40	63,14	64,74	0,12
141	32	(D) Belakang tabung	166	164,1	159,2	163,1	0,12
141	32	(E) Bawah tabung	22,99	26,03	20,62	26,14	0,12

Pelalawan, 28 Juni 2025

Mengetahui,

Kepala Ruangan Radiologi RSUD Selasih Kab. Pelalawan

(Marisa Inike Amir)

Lampiran 10. Pengelolaan Data Nilai Rata - Rata Pengukuran Kebocoran Radiasi

<table>
<tr><th colspan="2">Tabung Pesawat Sinar-X</th></tr>
<tr><th>Kanan</th><th>Depan</th></tr>
<tr><td>$\overline{X} = \frac{\text{Ekspos 1+Ekspos 2+Ekspos 3}}{\text{Total Ekspos}}$ µSv/jam
$= \frac{(21{,}88+20{,}22+23{,}56)}{3}$ µSv/jam
$= \frac{65{,}66}{3}$ µSv/jam
$\overline{X}$ = 21,88 µSv/jam</td><td>$\overline{X} = \frac{\text{Ekspos 1+Ekspos 2+Ekspos 3}}{\text{Total Ekspos}}$ µSv/jam
$= \frac{(138{,}2+126{,}5+132{,}1)}{3}$ µSv/jam
$= \frac{396{,}8}{3}$ µSv/jam
$\overline{X}$ = 132,2 µSv/jam</td></tr>
<tr><th>Kiri</th><th>Belakang</th></tr>
<tr><td>$\overline{X} = \frac{\text{Ekspos 1+Ekspos 2+Ekspos 3}}{\text{Total Ekspos}}$ µSv/jam
$= \frac{(67{,}62+63{,}48+63{,}14)}{3}$ µSv/jam
$= \frac{194{,}24}{3}$ µSv/jam
$\overline{X}$ = 64,74 µSv/jam</td><td>$\overline{X} = \frac{\text{Ekspos 1+Ekspos 2+Ekspos 3}}{\text{Total Ekspos}}$ µSv/jam
$= \frac{(166+164{,}1+159{,}2)}{3}$ µSv/jam
$= \frac{489{,}3}{3}$ µSv/jam
$\overline{X}$ = 163,1 µSv/jam</td></tr>
<tr><th colspan="2">Bawah</th></tr>
<tr><td colspan="2">$\overline{X} = \frac{\text{Ekspos 1+Ekspos 2+Ekspos 3}}{\text{Total Ekspos}}$ µSv/jam
$= \frac{(28{,}62+26{,}83+22{,}99)}{3}$ µSv/jam
$= \frac{78{,}44}{3}$ µSv/jam
$\overline{X}$ = 26,14 µSv/jam</td></tr>
</table>

Lampiran 11. Perhitungan Data Hasil Pengukuran Kebocoran Radiasi dengan Faktor Kalibrasi dan *Background*

<table>
<tr><th colspan="2">Tabung Pesawat Sinar-X</th></tr>
<tr><th>Kanan</th><th>Depan</th></tr>
<tr><td>Xs = $(\overline{X} - BG)$ FK

= (21,88 – 0,12) μSv/jam x 0,86

= (21,76 μSv/jam) x 0,86

Xs = 18,71 μSv/jam</td><td>Xs = $(\overline{X} - BG)$ FK

= (132,2 – 0,12) μSv/jam x 0,86

= (132,08 μSv/jam) x 0,86

Xs = 113,58 μSv/jam</td></tr>
<tr><th>Kiri</th><th>Belakang</th></tr>
<tr><td>Xs = $(\overline{X} - BG)$ FK

= (64,74 – 0,12) μSv/jam x 0,86

= (64,62 μSv/jam) x 0,86

Xs = 55,57 μSv/jam</td><td>Xs = $(\overline{X} - BG)$ FK

= (163,1 – 0,12) μSv/jam x 0,86

= (162,98 μSv/jam) x 0,86

Xs = 140,16 μSv/jam</td></tr>
<tr><th colspan="2">Bawah</th></tr>
<tr><td colspan="2">Xs = $(\overline{X} - BG)$ FK

= (26,14 – 0,12) μSv/jam x 0,86

= (26,02 μSv/jam) x 0,86

Xs = 22,37 μSv/jam</td></tr>
</table>

Lampiran 12. Perhitungan Data Nilai Kebocoran Radiasi Tabung Sinar-X

Tabung Pesawat Sinar-X
Kanan
Leakage (L) $= \text{Xs} \left(\frac{kV\ max}{kV\ Set}\right)^2 \frac{mAcont}{mAset} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 18{,}71 \left(\frac{150}{141}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 18{,}71 \left(\frac{50}{47}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 18{,}71 \left(\frac{2500}{2209}\right) \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 1{,}32 \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 0{,}0013$ mGy/jam
Depan
Leakage (L) $= \text{Xs} \left(\frac{kV\ max}{kV\ Set}\right)^2 \frac{mAcont}{mAset} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 113{,}58 \left(\frac{150}{141}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 113{,}58 \left(\frac{50}{47}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 113{,}58 \left(\frac{2500}{2209}\right) \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 8{,}03 \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 0{,}008$ mGy/jam

Kiri

Leakage (L) $= \text{Xs} \left(\frac{kV\ max}{kV\ Set}\right)^2 \frac{mAcont}{mAset} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 55{,}57 \left(\frac{150}{141}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 55{,}57 \left(\frac{50}{47}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 55{,}57 \left(\frac{2500}{2209}\right) \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 3{,}93 \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

= 0,0039 mGy/jam

Belakang

Leakage (L) $= \text{Xs} \left(\frac{kV\ max}{kV\ Set}\right)^2 \frac{mAcont}{mAset} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 140{,}16 \left(\frac{150}{141}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 140{,}16 \left(\frac{50}{47}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 140{,}16 \left(\frac{2500}{2209}\right) \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

$= 9{,}91 \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$

= 0,0099 mGy/jam

Kiri
Leakage (L) $= Xs \left(\frac{kV\ max}{kV\ Set}\right)^2 \frac{mAcont}{mAset} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 22{,}37 \left(\frac{150}{141}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 22{,}37 \left(\frac{50}{47}\right)^2 \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 22{,}37 \left(\frac{2500}{2209}\right) \frac{10}{160} \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 1{,}58 \cdot \frac{1}{1000} \frac{mGy}{jam}$ $= 0{,}0015$ mGy/jam

Lampiran 13. Lembar Konsul Pembimbing I

LAMPIRAN KONSUL PEMBIMBING I

Nama : Deka Fadhil

NIM : 202211402031

Judul KTI : PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN

Nama Pembimbing I : Aulia Annisa, M.Tr.ID

No	Hari/ Tanggal	Keterangan	TTD
1	Senin/03-02-2025	Konsultasi Judul	
2	Jumbt/07-02-2025	ACC Judul	
3	Kamis/13-03-2025	Bimbingan BAB I	
4	Senin/17-03-2025	Revisi BAB I	
5	Kamis/20-03-2025	Revisi BAB I	
6	Selasa/08-03-2025	Bimbingan BAB I, II, III	
7	Kamis/17-03-2025	Revisi: BAB I, II, III	
8	Senin/05-05-2025	ACC Seminar Proposal	
9	Kamis/03-07-2025	Bimbingan BAB IV & V	
10	Jumat/04-07-2025	ACC Seminar hasil	

Pekanbaru, 07 Juli 2025

Pembimbing I

(Aulia Annisa, M.Tr.ID)

NIDN. 1014059304

Lampiran 14. Lembar Konsul Pembimbing II

LAMPIRAN KONSUL PEMBIMBING II

Nama : Deka Fadhil

NIM : 202211402031

Judul KTI : PROSEDUR PENGUJIAN KEBOCORAN RADIASI TABUNG PESAWAT SINAR-X DI INSTALASI RADIOLOGI RSUD SELASIH PELALAWAN

Nama Pembimbing II : Danil Hulmansyah, M.Tr.ID

No	Hari/ Tanggal	Keterangan	TTD
1	Rabu/02-07-2025	ACC judul	
2	Senin/10-03-2025	Bimbingan BAB I	
3	Rabu/16-04-2025	Revisi BAB I, Bimbingan BAB II & III	
4	Jumat/18-04-2025	Revisi BAB I, II, III	
5	Minggu/18-05-2025	Pengiriman Soft File	
6	Senin/30-06-2025	Pemaparan data	
7	Selasa/01-07-2025	Bimbingan BAB IV & V	
8	Jumat/04-07-2025	Revisi BAB IV & V	
9	Senin/07-07-2025	Revisi BAB IV & V	
10		ACC Seminar hasil	

Pekanbaru, 07 Juli 2025

Pembimbing II

(Danil Hulmansyah, M.Tr.ID)

NIDN. 1029049102