

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radiodiagnostik merupakan salah satu penyumbang terbesar terhadap iradiasi dirumah sakit (Ramacos Fardela dkk., 2023)a. Alat yang digunakan instalasi radiologi banyak memanfaatkan sinar-X diantaranya ada, CT-Scan, X-ray Konvensional, Mammografi, dan lainnya (Fanis dkk., 2021). Pesawat CT Scan bekerja menggunakan tegangan tabung (kV) yang tinggi sehingga menghasilkan keluaran radiasi yang besar. Kondisi tersebut memerlukan penerapan sistem keselamatan radiasi berkala, salah satunya melalui pengukuran laju paparan radiasi untuk memastikan paparan yang diterima pekerja radiasi tetap berada dalam batas yang diizinkan (Prameswari dkk., 2024), karena radiasi sinar-X masih belum banyak dipahami oleh masyarakat (Rai Rahmayani dkk., 2020).

Pemanfaatan radiasi dalam bidang kesehatan bukan hanya memberikan manfaat yang besar, tetapi juga memberikan resiko atau efek samping terhadap kesehatan manusia (Prameswari dkk., 2024). Efek samping tersebut dapat terjadi jika tubuh terpapar dosis radiasi pengion yang berlebih (Rochmayanti dkk., 2019) dan efek tersebut akan muncul beberapa tahun yang akan datang (Aji & Mandagi, 2023). Maka yang perlu di perhatikan adalah laju paparan yang dapat di terima dan efek yang akan muncul pada tubuh (Fanis dkk., 2021). Efek yang ditimbulkan akibat radiasi terdapat dua jenis, yatu efek deterministik dan efek stokastik (Damanik dkk., 2022).

Resiko pada radiologi diagnostik ini lebih kecil dibandingkan pada radiologi intervensi, terutama resiko pada pekerja radiasi dan pasien (Simanjuntak dkk., 2022). Resiko tersebut bisa dikendalikan dengan memperhatikan keselamatan radiasi dan prinsip proteksi radiasi (Ivana Harika Putra dkk., 2023). Keselamatan radiasi dapat dilakukan dengan cara

mengetahui ketebalan perisai radiasi yang efektif (Harwin dkk., 2022) dan desain ruang radiologi (Sahfira dkk., 2024).

Keselamatan radiasi bertujuan untuk melindungi pasien, pekerja radiasi, masyarakat, serta lingkungan dari potensi bahaya akibat paparan radiasi (Prameswari dkk., 2024). Pemantauan rutin terhadap peralatan radiologi penting dengan tujuan menjaga kebocoran dan penyebaran dosis, agar di area ruang radiologi tidak melebihi Pembatas Dosis dan Nilai Batas Dosis yang telah ditetapkan dalam Perka BAPETEN (Simanjuntak dkk., 2022). Selain itu, pelindung radiasi yang di pasang pada dinding rumah sakit harus memenuhi syarat, pelindung radiasi bisa menggunakan bahan timbal atau beton (Margaretha dkk., 2024). Karena pelindung radiasi berfungsi untuk menyerap radiasi sehingga dapat menurunkan intensitas radiasi, Sebagian energi radiasi akan di serap oleh pelindung tersebut.

Proteksi radiasi adalah kuantifikasi dari batas dosis yang dapat diterima oleh pekerja maupun masyarakat umum dengan tujuan mengurangi dampak yang merusak biologis akibat radiasi (Eka dkk., 2025). Pemantauan Proteksi radiasi, salah satunya dengan mengukur laju paparan radiasi, nilai tersebut tidak boleh melebihi ketentuan yang telah ditentukan oleh (Perka BAPETEN No 4, 2013).

Evaluasi keselamatan dan kesehatan pekerja radiasi dapat dilakukan dengan pengukuran laju paparan pada sekitar ruangan alat radiologi dengan alat *survey meter*. Selain dapat diukur dengan *survey meter*, laju paparan radiasi dapat di deteksi oleh kontur isodosis yang dapat diperoleh dari simulasi *Monte Carlo* FLUKA (Ivana Harika Putra dkk., 2023). Selain itu, pemakaian *Thermoluminescence dosimeter* (TLD) menjadi salah satu upaya untuk pemantauan dosis yang diterima oleh pekerja radiasi (Dina Aulya dkk., 2024). Karena penggunaan TLD sangat penting untuk mengetahui radiasi yang diterima oleh tubuh pekerja radiasi.

FLUKA merupakan *software* yang menggunakan metode *Monte Carlo* dirancang untuk mensimulasikan interaksi antara transportasi partikel dengan materi (Zyan, 2023). Dengan perkembangan teknologi, simulasi

FLUKA dengan metode *Monte Carlo* merupakan inovasi yang menarik, dimana laju paparan radiasi dapat di simulasikan dan dapat dijadikan sebagai acuan desain suatu ruangan radiodiagnostik atau distribusi paparan di seluruh titik ruangan, karena metode *Monte Carlo* memiliki kemampuan cukup akurat memprediksi distribusi dosis radiasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Zyan Wildan Muhammad pada tahun 2023 di Rumah Sakit Pendidikan Universitas Andalas Padang mengenai distribusi dosis pada ruang radiodiagnostik dan radioterapi menggunakan simulasi *Monte Carlo* FLUKA menunjukkan bahwa hasil simulasi pada ruang sinar-X konvensional memiliki tingkat kesesuaian yang baik dengan hasil pengukuran menggunakan *surveymeter* (Zyan, 2023). Berdasarkan penelitian tersebut menunjukkan bahwa simulasi *Monte Carlo* FLUKA salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas desain ruang radiologi serta sistem proteksi radiasi, baik sebelum atau sesudah fasilitas dioperasikan.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengevaluasi proteksi dan keselamatan radiasi di instalasi radiologi beberapa rumah sakit. Pramestwari, dkk (2024) melakukan pengukuran laju paparan radiasi di area CT Scan RSUD Bali Mandara dan memperoleh nilai laju paparan di area pintu melebihi batas dosis untuk masyarakat umum, tetapi masih aman bagi pekerja radiasi. Cindy dkk. (2022) melakukan evaluasi proteksi radiasi di ruang CT Scan RS Otak DR Drs. M. Hatta Bukittinggi dan memperoleh hasil yang masih ada dalam batas aman sesuai ketentuan yang berlaku. Tetapi berbeda dengan hasil penelitian yang telah dilakukan (Devi Febriana Putri & Sudiyono, 2018) laju paparan radiasi pada ruang CT Scan memperoleh nilai laju paparan yang melebihi Nilai Batas Dosis pekerja radiasi dan masyarakat untuk titik operator sebesar dan titik pintu. Syahdad, dkk (2021) mengevaluasi efektivitas perisai radiasi dinding ruang sinar-X di tiga rumah sakit di Padang yaitu RS Naili DBS, RS Selaguri dan RS UNAND menunjukkan hasil yang sangat baik yaitu menunjukkan efektivitas 99,08 – 99,77%, berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh

Ancila dan dan Hidayanto di RSUP Dr. Kariadi Semarang (2016) menunjukkan efektivitas jauh lebih rendah sebesar 12,24%.

Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan evaluasi laju paparan radiasi pada ruang radiologi menggunakan *surveymeter* maupun simulasi *Monte Carlo* FLUKA. Pada penelitian (Prameswari dkk., 2024) dan yang lainnya ditemukan permasalahan yaitu nilai paparan yang diperoleh melebihi Pembatas Dosis dan Nilai Batas Dosis yang telah ditetapkan. Namun selain itu, sebagian penelitian hanya fokus pada salah satu metode. Pada penelitian yang membandingkan simulasi dengan pengukuran, proses validasi umumnya masih menggunakan data pengukuran sekunder yang diperoleh dari penelitian terdahulu da, sehingga masalah hasil simulasi belum divalidasi secara langsung terhadap data primer yang diperoleh dari lokasi penelitian.

Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas perisai radiasi pada ruang radiologi masih belum optimal, yang ditunjukkan oleh ditemukannya laju paparan radiasi pada beberapa titik pengukuran yang mendekati bahkan melebihi Pembatas Dosis dan Nilai Batas Dosis yang ditetapkan oleh Perka BAPETEN. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa evaluasi terhadap efektivitas proteksi radiasi perlu dilakukan secara berkala pada setiap fasilitas radiologi karena karakteristik ruangan, spesifikasi pesawat sinar-X, material shielding, serta kondisi operasional dapat berbeda pada setiap rumah sakit. Selain itu, dalam Perka BAPETEN Nomor 45 Tahun 2023, dijelaskan bahwa pengukuran laju paparan radiasi pada pesawat sinar-X diagnostik dan intervensional wajib dilakukan paling sedikit satu kali dalam satu tahun

Berdasarkan hasil observasi selama penelitian di RSUD Bandung Kiwari, pengukuran laju paparan radiasi pada ruang CT di rumah sakit tersebut belum dilaksanakan pada tahun 2025. Serta penelitian mengenai Evaluasi Simulasi *Monte Carlo* FLUKA terhadap Pengukuran Laju Paparan Radiasi pada Ruang CT Scan RSUD Bandung Kiwari belum dilakukan.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung menggunakan *surveymeter* sebagai data primer, kemudian digunakan untuk validasi terhadap hasil simulasi *Monte Carlo* FLUKA. Model simulasi dibuat berdasarkan geometri, material, dan parameter penyinaran yang merepresentasikan kondisi nyata ruang CT Scan RSUD Bandung Kiwari. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan evaluasi yang lebih akurat terhadap efektivitas proteksi radiasi sekaligus menilai tingkat kesesuaian hasil simulasi *Monte Carlo* FLUKA dengan kondisi nyata di rumah sakit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas pada laporan ini adalah :

- a. Berapa nilai laju paparan radiasi hasil eksperimen dan simulasi Monte Carlo FLUKA pada ruang CT Scan RSUD Bandung Kiwari dan apakah nilai tersebut melebihi Pembatas Dosis dan Nilai Batas Dosis yang ditetapkan??
- b. Bagaimana tingkat kesesuaian hasil simulasi Monte Carlo FLUKA terhadap hasil pengukuran eksperimen laju paparan radiasi pada ruang CT Scan RSUD Bandung Kiwari?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Menentukan nilai sebaran laju paparan radiasi dari pengukuran eksperimen dan simulasi *Monte Carlo* FLUKA untuk dibandingkan dengan Pembatas Dosis dan Nilai Batas Dosis yang ditetapkan Perka BAPETEN pada ruang CT Scan RSUD Bandung Kiwari
- b. Menentukan tingkat kesesuaian hasil simulasi Monte Carlo FLUKA terhadap hasil pengukuran eksperimen laju paparan radiasi pada ruang CT Scan RSUD Bandung Kiwari.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai laju paparan radiasi yang dihasilkan oleh pesawat CT Scan di RSUD Bandung Kiwari. Hasil penelitian digunakan sebagai bahan evaluasi efektivitas proteksi radiasi pada ruang CT Scan untuk memastikan bahwa laju paparan radiasi di lingkungan sekitar tetap berada di bawah Pembatas Dosis dan Nilai Batas Dosis sesuai dengan ketentuan Perka BAPETEN, sehingga keselamatan pekerja radiasi, pasien, dan masyarakat umum tetap terjamin. Penelitian ini juga bermanfaat untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian hasil simulasi *Monte Carlo* menggunakan FLUKA dengan hasil pengukuran laju paparan radiasi secara langsung, sehingga dapat menjadi dasar dalam pemanfaatan simulasi *Monte Carlo* FLUKA sebagai metode pendukung untuk merepresentasikan kondisi nyata laju paparan radiasi pada ruang CT Scan. Selain itu, Hasil penelitian simulasi *Monte Carlo* FLUKA yang valid dapat juga dapat melihat distribusi sebaran laju paparan radiasi di setiap titik tanpa harus menyalakan alat sehingga dapat mengurangi biaya dan waktu untuk keperluan evaluasi proteksi radiasi

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah bertujuan agar penelitian dalam pengujian data serta hasilnya lebih terarah dan terperinci berdasarkan tujuan yang ingin dicapai :

- a. Penelitian ini menggunakan ruang CT Scan di RSUD Bandung Kiwari
- b. Metode Pengukuran langsung/eksperimen menggunakan *surveymeter Fluke 451p* dan Simulasi menggunakan *Monte Carlo* FLUKA
- c. Ruang CT Scan hanya disimulasikan satu arah penyinaran (*fixed beam*) pada simulasi *Monte Carlo* FLUKA
- d. Regulasi yang digunakan mengacu pada Perka BAPETEN dan NCRP 147
- e. Penelitian fokus pada hasil validasi simulasi *Monte Carlo* FLUKA terhadap eksperimen.

1.6 Metode Pengumpulan Data

Dalam Penelitian ini, metode berikut digunakan dalam proses pengumpulan data

a. Studi Literatur

Langkah yang pertama dilakukan dalam penelitian ini adalah mencari sumber pustaka seperti buku, jurnal, dan asrtikel yang terkait kemudian dipilih, dipahami dan dipelajari.

b. Eksperimen

Penelitian ini menggunakan data primer yang dilakukan pengukuran langsung di RSUD Bandung Kiwari yaitu pengukuran laju paparan radiasi ruang CT Scan sebagai data pembanding.

c. Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan metode *Monte Carlo* FLUKA dengan memodelkan geometri ruang, material penyusun, dan konfigurasi sumber radiasi berdasarkan kondisi penelitian. Hasil simulasi dibandingkan terhadap hasil pengukuran eksperimen untuk mengetahui tingkat kesesuaian model dalam merepresentasikan laju paparan radiasi di sekitar ruang CT Scan..

1.7 Sistematika Penulisan

Secara sistematis, pembahasan penulisan proposal penelitian ini terdiri dari setiap bab sebagai berikut:

a. BAB I Pendahuluan

Bab ini berisikan pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

b. BAB II Dasar Teori

Bab ini berisi landasan teori yang berkaitan dengan penelitian, meliputi teori mengenai proteksi radiasi, karakteristik radiasi sinar-X, CT Scan, metode *Monte Carlo*, perangkat lunak FLUKA, serta teori-teori lain yang menunjang penelitian.

c. BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, dan tahapan penelitian hingga tahapan pengolahan data.

d. BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil penelitian dari pengolahan data yang dilakukan serta analisis terhadap data-data yang telah diperoleh.

e. BAB V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan, serta saran untuk penelitian lanjutan.

