

Evaluation Of ALARA Implementation for Radiation Safety Among Healthcare Workers in The Cardiac Catheterization Laboratory of Arifin Achmad Regional General Hospital, Riau Province

Evaluasi Penerapan Prinsip ALARA dalam Keselamatan Radiasi Bagi Tenaga Kesehatan di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau

Laila Hayati^{*1}, Herlina Susmaneli², Yenny Ekawati³

^{1,2}Program Studi Ilmu Kesehatan, Universitas Hang Tuah Pekanbaru, Pekanbaru, Riau

³Komite Keselamatan Kesehatan Kerja RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, Pekanbaru, Riau

*Corresponding author's e-mail: lhayati28@gmail.com

Abstract

Cardiac Catheterization Laboratory (Cathlab) services rely on X-ray fluoroscopy, which exposes healthcare workers to occupational ionizing radiation. Therefore, implementing the As Low As Reasonably Achievable (ALARA) principle is essential to minimize radiation exposure while maintaining service quality. This study aimed to evaluate the implementation of the ALARA principle for radiation safety among healthcare workers in the Cardiac Cathlab of Arifin Achmad Regional General Hospital, Riau Province. A descriptive qualitative approach was employed through observations, interviews, and document reviews. Data were analyzed using the Urgency, Seriousness, and Growth method to determine priority problems, Fishbone analysis with the 6M approach to identify root causes, and SWOT analysis to formulate improvement strategies. The findings indicate that ALARA implementation has been supported by radiation safety policies, personal protective equipment, personal dosimeters, and the presence of a Radiation Protection Officer. However, several challenges remain, including inconsistent use of protective equipment and dosimeters, limited continuity of radiation safety training, and inadequate monitoring and evaluation. The primary issue identified was the high potential for occupational radiation exposure among healthcare workers. Strengthening radiation safety culture, regular training, radiation safety audits, and management commitment are required to optimize ALARA implementation.

Keywords: ALARA, Radiation Safety, Cathlab, Radiation Protection, Healthcare Workers.

Abstrak

Pelayanan di Cardiac Catheterization Laboratory (Cathlab) memanfaatkan fluoroskopi berbasis sinar-X yang berpotensi menimbulkan paparan radiasi bagi tenaga kesehatan. Oleh karena itu, penerapan prinsip As Low As Reasonably Achievable (ALARA) menjadi upaya penting dalam meminimalkan risiko paparan radiasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penerapan prinsip ALARA dalam keselamatan radiasi bagi tenaga kesehatan di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi, wawancara, dan telaah dokumen. Analisis dilakukan menggunakan metode Urgency, Seriousness, and Growth untuk menentukan prioritas masalah, analisis Fishbone dengan pendekatan 6M untuk mengidentifikasi akar penyebab, serta analisis SWOT untuk menyusun strategi perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan ALARA telah didukung oleh kebijakan keselamatan radiasi, alat pelindung diri radiasi, dosimeter personal, dan keberadaan Petugas Proteksi Radiasi. Namun, masih ditemukan kendala berupa kepatuhan penggunaan APD dan dosimeter yang belum optimal, pelatihan keselamatan radiasi yang belum berkelanjutan, serta monitoring dan evaluasi yang belum sistematis. Prioritas masalah utama adalah tingginya potensi paparan radiasi terhadap tenaga kesehatan. Penerapan ALARA telah berjalan, tetapi masih perlu ditingkatkan melalui penguatan budaya keselamatan, pelatihan berkala, audit keselamatan radiasi, dan dukungan manajemen.

Kata Kunci: ALARA, Keselamatan Radiasi, Cathlab, Proteksi Radiasi, Tenaga Kesehatan.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan radiasi pengion dalam pelayanan kesehatan berkembang sangat pesat seiring meningkatnya penggunaan teknologi diagnostik dan intervensi berbasis pencitraan. Salah satu bentuk perkembangan tersebut adalah pelayanan Cardiac Catheterization Laboratory (Cathlab) yang menggunakan fluoroskopi secara real-time untuk membantu prosedur diagnostik maupun intervensi penyakit jantung dan pembuluh darah. Teknologi ini memberikan keuntungan berupa tindakan yang lebih akurat, minimal invasif, serta mampu meningkatkan keberhasilan terapi pada berbagai kasus kardiovaskular. Di sisi lain, penggunaan fluoroskopi secara terus-menerus menyebabkan paparan radiasi yang lebih tinggi dibandingkan pemeriksaan radiologi diagnostik konvensional sehingga menimbulkan risiko kesehatan bagi tenaga kesehatan yang terlibat secara langsung dalam prosedur (IAEA, 2018; ICRP, 2007).

Menurut International Atomic Energy Agency (IAEA), prosedur fluoroskopi intervensional merupakan salah satu sumber utama paparan radiasi okupasional di fasilitas pelayanan kesehatan karena durasi tindakan yang relatif panjang, frekuensi prosedur yang tinggi, serta posisi operator yang berada dekat dengan sumber radiasi hambur (scatter radiation). Paparan yang terjadi secara berulang dalam jangka panjang dapat menyebabkan akumulasi dosis radiasi pada pekerja sehingga meningkatkan risiko terjadinya efek biologis, baik berupa efek deterministik seperti katarak dan kerusakan jaringan maupun efek stokastik berupa peningkatan risiko kanker dan mutasi genetik sebagaimana dijelaskan oleh International Commission on Radiological Protection (ICRP) (IAEA, 2018; ICRP, 2007; ICRP, 2018).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa tenaga kesehatan yang bekerja di ruang Cathlab termasuk kelompok pekerja dengan tingkat risiko paparan radiasi paling tinggi di lingkungan rumah sakit. Dokter operator, radiografer, perawat Cathlab, dokter anestesi, serta tenaga kesehatan lain yang berada di sekitar meja tindakan memiliki potensi menerima dosis radiasi yang berbeda-beda tergantung jenis prosedur, lama fluoroskopi, posisi kerja, serta kepatuhan terhadap penggunaan alat proteksi radiasi. Peningkatan jumlah tindakan intervensi kardiovaskular dalam beberapa tahun terakhir semakin memperbesar pentingnya penerapan sistem keselamatan radiasi yang efektif sebagai bagian dari program keselamatan dan kesehatan kerja rumah sakit (Ciraj-Bjelac et al., 2021; Fetterly et al., 2012; Vañó et al., 2018).

Salah satu konsep utama dalam proteksi radiasi adalah prinsip As Low As Reasonably Achievable (ALARA). Prinsip ini menekankan bahwa setiap paparan radiasi harus dijaga serendah mungkin dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan sosial tanpa mengurangi kualitas pelayanan medis. Implementasi ALARA dilakukan melalui optimalisasi tiga komponen utama, yaitu meminimalkan waktu paparan (time), memaksimalkan jarak terhadap sumber radiasi (distance), serta menggunakan pelindung radiasi (shielding) secara tepat. Selain itu, penerapan ALARA juga didukung oleh penggunaan dosimeter personal, pengawasan dosis radiasi, pemeliharaan peralatan radiologi, audit keselamatan radiasi, pendidikan dan pelatihan tenaga kesehatan, serta penguatan budaya keselamatan di lingkungan kerja (ICRP, 2007, 2018; IAEA, 2018).

Di Indonesia, pelaksanaan proteksi radiasi telah diatur melalui berbagai regulasi, termasuk Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensial. Regulasi tersebut mengatur kewajiban fasilitas pelayanan kesehatan untuk menerapkan sistem keselamatan radiasi melalui penyediaan fasilitas proteksi, penggunaan alat pelindung diri, pemantauan dosis pekerja radiasi, pelaksanaan uji kesesuaian peralatan, serta pengawasan oleh Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Namun demikian, keberadaan regulasi belum sepenuhnya menjamin bahwa implementasi keselamatan radiasi telah berjalan secara optimal di lapangan (BAPETEN, 2020; IAEA, 2018).

Hasil observasi peneliti di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau menunjukkan bahwa program keselamatan radiasi di Ruang Cathlab Jantung telah memiliki berbagai komponen pendukung, seperti kebijakan keselamatan radiasi, penggunaan alat pelindung diri radiasi, dosimeter personal, pemantauan dosis pekerja, dan keterlibatan Petugas Proteksi Radiasi. Meskipun demikian, masih ditemukan beberapa aspek yang memerlukan perbaikan, antara lain kepatuhan penggunaan alat pelindung diri dan dosimeter personal yang belum optimal, pelaksanaan pelatihan keselamatan radiasi yang belum rutin, serta monitoring dan evaluasi penerapan prinsip ALARA yang belum dilakukan secara sistematis. Kondisi tersebut menunjukkan masih adanya kesenjangan antara standar proteksi radiasi yang diharapkan dengan implementasi di lapangan (BAPETEN, 2020; IAEA, 2018).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan evaluasi terhadap penerapan prinsip ALARA sebagai bagian dari upaya peningkatan keselamatan radiasi bagi tenaga kesehatan. Evaluasi tidak hanya berfokus pada kepatuhan individu, tetapi juga mencakup aspek organisasi, sarana prasarana, metode kerja, pemanfaatan teknologi, dan sistem manajemen keselamatan radiasi secara keseluruhan. Hasil evaluasi diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi peningkatan program keselamatan radiasi yang lebih efektif dan berkelanjutan (ICRP, 2018; Miller et al., 2012; Vañó et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan prinsip ALARA dalam keselamatan radiasi bagi tenaga kesehatan di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi implementasinya, menganalisis akar penyebab permasalahan menggunakan pendekatan USG, Fishbone, dan SWOT, serta menyusun rekomendasi perbaikan guna mendukung terciptanya lingkungan kerja yang aman, sehat, dan sesuai dengan standar proteksi radiasi nasional maupun internasional.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan mengevaluasi penerapan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) dalam keselamatan radiasi bagi tenaga kesehatan di Ruang *Cardiac Catheterization Laboratory* (Cathlab) Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau. Pendekatan kualitatif dipilih karena mampu memberikan gambaran secara komprehensif mengenai implementasi program keselamatan radiasi berdasarkan kondisi nyata di lapangan serta mengidentifikasi berbagai faktor yang memengaruhi keberhasilan

penerapan prinsip ALARA (Creswell & Poth, 2018; Miles et al., 2020). Penelitian dilaksanakan di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau pada bulan Mei hingga Juni 2026. Lokasi penelitian dipilih karena merupakan salah satu unit pelayanan yang memanfaatkan fluoroskopi berbasis sinar-X secara intensif dalam prosedur diagnostik dan intervensi kardiovaskular sehingga memiliki potensi paparan radiasi yang relatif tinggi bagi tenaga kesehatan (IRCP, 2018).

Sumber data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas pelayanan Cathlab, penggunaan alat pelindung diri (APD) radiasi, pemanfaatan dosimeter personal, penerapan prosedur proteksi radiasi, serta kondisi lingkungan kerja. Selain itu, dilakukan wawancara dengan tenaga kesehatan yang terlibat dalam pelayanan Cathlab, meliputi radiografer, perawat Cathlab, dan Petugas Proteksi Radiasi (PPR), untuk memperoleh informasi mengenai pelaksanaan program keselamatan radiasi, kepatuhan terhadap prinsip ALARA, serta kendala yang dihadapi selama pelaksanaan pelayanan. Data sekunder diperoleh melalui telaah dokumen yang meliputi standar operasional prosedur (SOP), kebijakan keselamatan radiasi, dokumen monitoring dosis radiasi, serta berbagai regulasi nasional maupun internasional yang berkaitan dengan proteksi radiasi (BAPETEN, 2020).

Pengumpulan data dilakukan menggunakan tiga teknik utama, yaitu observasi, wawancara, dan studi dokumentasi. Observasi dilakukan secara nonpartisipatif dengan menggunakan lembar observasi yang mengacu pada komponen penerapan prinsip ALARA, meliputi penggunaan APD radiasi, pengaturan posisi kerja, pemanfaatan pelindung radiasi tambahan (shielding), penggunaan dosimeter personal, serta penerapan prosedur keselamatan radiasi selama tindakan berlangsung. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur menggunakan pedoman wawancara yang disusun berdasarkan indikator keselamatan radiasi dan prinsip ALARA sehingga memungkinkan peneliti memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai kondisi aktual di lapangan. Studi dokumentasi dilakukan untuk mengidentifikasi kesesuaian implementasi keselamatan radiasi dengan kebijakan rumah sakit, regulasi BAPETEN, serta standar internasional yang berlaku (BAPETEN, 2020; IAEA, 2018).

Analisis data dilakukan secara bertahap melalui proses reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan sesuai model analisis interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña (Miles et al., 2020). Selanjutnya dilakukan analisis prioritas masalah menggunakan metode Urgency, Seriousness, and Growth (USG) untuk menentukan permasalahan yang paling memerlukan penanganan segera. Metode USG menilai setiap permasalahan berdasarkan tingkat urgensi, tingkat keseriusan dampak, dan potensi perkembangan masalah di masa mendatang. Berdasarkan hasil analisis tersebut, masalah dengan skor tertinggi ditetapkan sebagai prioritas utama untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil penetapan prioritas menunjukkan bahwa tingginya potensi paparan radiasi terhadap tenaga kesehatan merupakan masalah dengan skor tertinggi dibandingkan permasalahan lainnya.

Selanjutnya dilakukan analisis akar penyebab menggunakan Fishbone Diagram dengan pendekatan 6M, yaitu Man, Money, Material, Machine, Method, dan Management. Analisis ini bertujuan mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi

terhadap belum optimalnya penerapan prinsip ALARA sehingga dapat dirumuskan alternatif pemecahan masalah secara lebih komprehensif. Pendekatan 6M memungkinkan identifikasi faktor penyebab tidak hanya dari aspek individu, tetapi juga dari aspek organisasi, sarana prasarana, teknologi, metode kerja, pendanaan, dan sistem manajemen keselamatan radiasi.

Sebagai tahap akhir, dilakukan analisis Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT) untuk merumuskan strategi peningkatan program keselamatan radiasi. Analisis SWOT digunakan karena mampu mengintegrasikan faktor internal dan eksternal yang memengaruhi implementasi prinsip ALARA sehingga menghasilkan rekomendasi strategis yang dapat diterapkan oleh rumah sakit. Strategi yang disusun diarahkan pada peningkatan kepatuhan penggunaan APD radiasi dan dosimeter personal, penguatan budaya keselamatan radiasi, pelaksanaan pelatihan secara berkelanjutan, optimalisasi pemanfaatan teknologi pengurangan dosis radiasi, serta penguatan monitoring dan evaluasi program keselamatan radiasi (Gürel & Tat, 2017).

Untuk meningkatkan validitas data, penelitian menerapkan teknik triangulasi sumber dan triangulasi metode. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan dokumen rumah sakit, sedangkan triangulasi metode dilakukan dengan mengombinasikan hasil observasi lapangan, wawancara mendalam, dan telaah dokumen. Pendekatan tersebut bertujuan meningkatkan kredibilitas hasil penelitian sehingga interpretasi yang dihasilkan lebih akurat dan sesuai dengan kondisi implementasi keselamatan radiasi di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau (Creswell & Poth, 2018; Miles et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Penerapan Prinsip ALARA di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau

Ruang *Cardiac Catheterization Laboratory* (Cathlab) Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau merupakan salah satu unit pelayanan unggulan yang menyediakan tindakan diagnostik dan intervensi kardiovaskular berbasis fluoroskopi. Pelayanan meliputi angiografi koroner, *Percutaneous Coronary Intervention* (PCI), pemasangan stent koroner, pemasangan *pacemaker*, serta berbagai tindakan intervensi lain yang menggunakan radiasi sinar-X secara *real time*. Karakteristik pelayanan tersebut menyebabkan tenaga kesehatan bekerja pada lingkungan dengan potensi paparan radiasi pengion yang lebih tinggi dibandingkan unit radiologi diagnostik konvensional. Kondisi ini menuntut penerapan sistem proteksi radiasi yang konsisten sesuai prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) (IAEA, 2018; ICRP, 2018).

Hasil observasi menunjukkan bahwa implementasi keselamatan radiasi di Ruang Cathlab telah didukung oleh keberadaan berbagai fasilitas proteksi radiasi, antara lain *lead apron*, *thyroid shield*, *lead glasses*, dosimeter personal, *ceiling suspended shield*, *table side shield*, serta *mobile lead barrier*. Selain itu, rumah sakit juga telah memiliki Petugas Proteksi Radiasi (PPR), kebijakan keselamatan radiasi, dan program pemantauan dosis pekerja sebagai bagian dari sistem keselamatan

rumah sakit. Ketersediaan sarana tersebut menunjukkan adanya komitmen rumah sakit dalam memenuhi persyaratan proteksi radiasi sebagaimana diatur dalam regulasi nasional (BAPETEN, 2020).

Keberadaan fasilitas tersebut merupakan faktor penting dalam penerapan prinsip ALARA. Menurut ICRP Publication 103, optimalisasi proteksi radiasi dicapai melalui kombinasi pengurangan waktu paparan (*time*), peningkatan jarak terhadap sumber radiasi (*distance*), dan penggunaan pelindung radiasi (*shielding*). Ketiga komponen tersebut saling melengkapi dalam menurunkan dosis radiasi yang diterima pekerja. Dengan demikian, tersedianya sarana proteksi radiasi di Ruang Cathlab menjadi modal awal yang kuat dalam mendukung implementasi keselamatan radiasi (IRCP, 2007; Vañó et al., 2018).

Meskipun demikian, hasil observasi juga menunjukkan bahwa penerapan ALARA belum sepenuhnya optimal. Beberapa tenaga kesehatan belum menunjukkan kepatuhan yang konsisten dalam penggunaan alat pelindung diri radiasi maupun dosimeter personal selama bekerja. Selain itu, kegiatan monitoring penerapan ALARA dan pelaksanaan pelatihan keselamatan radiasi belum dilakukan secara rutin dan terdokumentasi secara sistematis. Temuan ini mengindikasikan bahwa keberhasilan implementasi ALARA tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan fasilitas, tetapi juga oleh perilaku pekerja, budaya keselamatan, dan sistem manajemen rumah sakit (Ciraj-Bjelac et al., 2021; Miller et al., 2012; Vañó et al., 2018).

Analisis Prioritas Permasalahan Menggunakan Metode USG

Berdasarkan hasil identifikasi lapangan, diperoleh lima permasalahan utama yang memengaruhi efektivitas penerapan prinsip ALARA, yaitu: (1) Kepatuhan penggunaan alat pelindung diri radiasi belum optimal; (2) Kepatuhan penggunaan dosimeter personal belum optimal; (3) Pelatihan keselamatan radiasi belum dilaksanakan secara rutin; (4) Monitoring dan evaluasi penerapan ALARA belum berjalan optimal; dan (5) Tingginya potensi paparan radiasi terhadap tenaga kesehatan.

Selanjutnya, kelima permasalahan tersebut dianalisis menggunakan metode *Urgency, Seriousness, and Growth* (USG). Hasil analisis menunjukkan bahwa tingginya potensi paparan radiasi terhadap tenaga kesehatan memperoleh skor tertinggi (15), sehingga ditetapkan sebagai prioritas utama yang memerlukan penanganan segera.

Penetapan prioritas tersebut cukup rasional karena paparan radiasi merupakan bahaya fisik yang bersifat kumulatif. Efek radiasi tidak selalu muncul secara langsung, tetapi dapat berkembang setelah akumulasi paparan dalam jangka panjang. Menurut ICRP, paparan radiasi kronis dapat meningkatkan risiko katarak akibat radiasi, gangguan reproduksi, dan kejadian kanker akibat efek stokastik. Oleh karena itu, pengendalian dosis radiasi harus menjadi prioritas utama dalam setiap pelayanan Cathlab (IRSP, 2007, 2018; Ciraj-Bjelac et al., 2021).

Selain berdampak terhadap kesehatan pekerja, tingginya paparan radiasi juga dapat memengaruhi kualitas pelayanan rumah sakit. Apabila pekerja mengalami gangguan kesehatan akibat paparan radiasi, produktivitas tenaga kesehatan akan menurun sehingga berpotensi mengganggu kontinuitas pelayanan kardiovaskular. Dengan demikian, pengendalian paparan radiasi bukan hanya merupakan kewajiban

regulasi, tetapi juga merupakan investasi dalam menjaga mutu pelayanan rumah sakit (IAEA, 2018; BAPETEN, 2020; Vañó et al., 2018).

Analisis Akar Penyebab Menggunakan Pendekatan Fishbone (6M)

Analisis Fishbone digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penerapan prinsip ALARA belum optimal. Pendekatan 6M menunjukkan bahwa penyebab masalah berasal dari berbagai aspek yang saling berkaitan.

Faktor Man (Sumber Daya Manusia)

Hasil observasi menunjukkan bahwa kepatuhan penggunaan APD radiasi dan dosimeter personal belum sepenuhnya konsisten. Selain itu, tingkat pemahaman tenaga kesehatan mengenai proteksi radiasi masih bervariasi. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan pengalaman kerja, frekuensi pelatihan, serta persepsi terhadap risiko paparan radiasi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa perilaku keselamatan (*safety behavior*) dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan, persepsi risiko, dan budaya keselamatan organisasi. Tenaga kesehatan yang memahami dampak biologis radiasi cenderung memiliki kepatuhan yang lebih tinggi terhadap penggunaan APD dan dosimeter dibandingkan pekerja dengan pengetahuan yang terbatas. Oleh karena itu, peningkatan kompetensi SDM menjadi salah satu strategi utama dalam penguatan implementasi ALARA (Ciraj-Bjelac et al., 2021; IAEA, 2018; ICRP, 2018).

Faktor Money (Pendanaan)

Pelaksanaan program keselamatan radiasi memerlukan dukungan anggaran yang memadai untuk penyediaan alat pelindung radiasi, kalibrasi peralatan, pelaksanaan pelatihan, audit keselamatan, serta pengembangan sistem monitoring dosis. Keterbatasan anggaran dapat menyebabkan program berjalan kurang optimal sehingga beberapa kegiatan preventif belum dapat dilaksanakan secara berkesinambungan.

Dalam perspektif manajemen rumah sakit, investasi pada program keselamatan radiasi memiliki manfaat jangka panjang karena mampu menurunkan risiko penyakit akibat kerja, mengurangi biaya kompensasi pekerja, serta meningkatkan mutu pelayanan kesehatan (IAEA, 2018; WHO, 2023).

Faktor Material

Evaluasi menunjukkan bahwa rumah sakit telah menyediakan berbagai alat pelindung radiasi sesuai standar, namun kondisi, jumlah, dan kelayakan alat memerlukan evaluasi secara berkala. Pemeriksaan rutin terhadap lead apron, thyroid shield, dan pelindung radiasi lainnya penting dilakukan untuk memastikan tidak terdapat kerusakan yang dapat menurunkan efektivitas proteksi radiasi. BAPETEN menegaskan bahwa alat pelindung radiasi harus menjalani inspeksi berkala agar kemampuan proteksinya tetap memenuhi standar keselamatan (BAPETEN, 2020).

Faktor Machine (Peralatan)

Penggunaan fluoroskopi dengan durasi tindakan yang panjang menjadi salah satu penyumbang utama tingginya dosis radiasi. Selain itu, pemanfaatan fitur dose reduction pada sistem fluoroskopi belum sepenuhnya dioptimalkan.

Teknologi fluoroskopi modern sebenarnya telah dilengkapi berbagai fitur untuk menurunkan dosis radiasi, seperti *pulse fluoroscopy*, *last image hold*, *low dose mode*, dan *automatic exposure control*. Optimalisasi penggunaan fitur-fitur tersebut terbukti mampu menurunkan dosis radiasi tanpa mengurangi kualitas citra diagnostik (Miller et al., 2012; Jones et al., 2023; ICRP, 2018).

Faktor Method

Monitoring penerapan ALARA, audit keselamatan radiasi, dan evaluasi standar operasional prosedur belum dilakukan secara terjadwal. Akibatnya, kepatuhan penggunaan APD dan dosimeter belum dapat dipantau secara objektif dan berkelanjutan. Menurut konsep *Continuous Quality Improvement* (CQI), audit rutin merupakan komponen penting dalam memastikan setiap prosedur keselamatan dilaksanakan sesuai standar. Tanpa evaluasi yang sistematis, peluang terjadinya penyimpangan terhadap prosedur akan semakin besar (Batalden & Davidoff, 2007; IAEA, 2018).

Faktor Management

Dukungan manajemen rumah sakit telah terlihat melalui pembentukan Petugas Proteksi Radiasi dan penyediaan fasilitas proteksi radiasi. Namun demikian, hasil observasi menunjukkan bahwa budaya keselamatan (*radiation safety culture*) masih perlu diperkuat melalui peningkatan supervisi, pelatihan berkala, pemberian umpan balik terhadap hasil monitoring dosis, serta evaluasi program secara berkesinambungan. Budaya keselamatan yang kuat akan mendorong seluruh tenaga kesehatan untuk menjadikan keselamatan radiasi sebagai bagian dari praktik kerja sehari-hari, bukan sekadar pemenuhan kewajiban administrative (IAEA, 2018; ICRP, 2018; WHO, 2023).

Analisis SWOT terhadap Implementasi Prinsip ALARA

Analisis Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT) dilakukan untuk mengevaluasi kondisi internal dan eksternal yang memengaruhi penerapan prinsip ALARA di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau. Pendekatan ini memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang dapat dimanfaatkan sebagai kekuatan maupun peluang, sekaligus mengidentifikasi kelemahan dan ancaman yang memerlukan perhatian dalam pengembangan program keselamatan radiasi (Gürel & Tat, 2017).

Strengths (Kekuatan)

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa rumah sakit telah memiliki berbagai komponen penting dalam mendukung implementasi keselamatan radiasi. Komponen tersebut meliputi kebijakan keselamatan radiasi, standar operasional prosedur (SOP), keberadaan Petugas Proteksi Radiasi (PPR), penyediaan alat pelindung diri radiasi,

penggunaan dosimeter personal, serta dukungan manajemen terhadap pelaksanaan program keselamatan radiasi. Selain itu, Ruang Cathlab juga telah dilengkapi dengan berbagai perangkat proteksi radiasi seperti *lead apron*, *thyroid shield*, *ceiling suspended shield*, dan *mobile lead barrier* yang berfungsi mengurangi paparan radiasi hambur kepada tenaga kesehatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aspek infrastruktur keselamatan radiasi telah tersedia dan menjadi modal utama dalam penerapan prinsip ALARA.

Keberadaan fasilitas tersebut menunjukkan kesesuaian dengan rekomendasi *International Atomic Energy Agency* (IAEA) yang menekankan bahwa keberhasilan proteksi radiasi diawali oleh penyediaan sarana proteksi yang memenuhi standar. Namun demikian, keberadaan fasilitas saja belum cukup apabila tidak disertai dengan kepatuhan pengguna dalam menerapkan prosedur keselamatan (BAPETEN, 2020; IAEA, 2018).

Weaknesses (Kelemahan)

Meskipun fasilitas telah tersedia, hasil observasi menunjukkan bahwa implementasi prinsip ALARA masih menghadapi beberapa kelemahan. Kepatuhan penggunaan APD radiasi dan dosimeter personal belum konsisten pada seluruh tenaga kesehatan. Selain itu, kegiatan pelatihan keselamatan radiasi belum dilaksanakan secara rutin, sedangkan monitoring dan audit penerapan ALARA belum terdokumentasi secara sistematis. Permasalahan tersebut mengindikasikan bahwa aspek perilaku keselamatan (*safety behavior*) dan budaya keselamatan (*safety culture*) masih memerlukan penguatan. Temuan ini sejalan dengan hasil identifikasi masalah dan analisis Fishbone yang menunjukkan bahwa faktor manusia, metode kerja, dan manajemen merupakan penyebab dominan belum optimalnya implementasi ALARA (Ciraj-Bjelac et al., 2021; ICRP, 2018; Vañó et al., 2018).

Opportunities (Peluang)

Dari sisi eksternal, terdapat berbagai peluang yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan implementasi keselamatan radiasi. Regulasi nasional yang dikeluarkan oleh BAPETEN memberikan landasan hukum yang jelas bagi rumah sakit dalam melaksanakan program proteksi radiasi. Selain itu, perkembangan teknologi fluoroskopi modern yang dilengkapi dengan fitur *dose reduction*, peningkatan akses terhadap pelatihan proteksi radiasi, serta berkembangnya penelitian mengenai keselamatan radiasi memberikan kesempatan bagi rumah sakit untuk terus meningkatkan mutu program keselamatan radiasi. Perkembangan teknologi informasi juga memungkinkan pemanfaatan sistem digital untuk pemantauan dosis radiasi secara real time sehingga evaluasi kepatuhan pekerja dapat dilakukan secara lebih efektif (BAPETEN, 2020; IAEA, 2018; Jones et al., 2023).

Threats (Ancaman)

Ancaman utama yang dihadapi berasal dari meningkatnya jumlah tindakan intervensi kardiovaskular yang menyebabkan frekuensi paparan radiasi terhadap tenaga kesehatan semakin tinggi. Selain itu, perkembangan teknologi intervensi yang semakin kompleks menyebabkan durasi fluoroskopi cenderung meningkat sehingga

potensi akumulasi dosis radiasi juga semakin besar (IAEA, 2018; ICRP, 2018; Jones et al., 2023). Apabila kondisi tersebut tidak diimbangi dengan penerapan prinsip ALARA secara konsisten, maka risiko penyakit akibat kerja akibat radiasi akan meningkat. Ancaman lainnya adalah kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian terhadap regulasi keselamatan radiasi yang dapat memengaruhi hasil akreditasi rumah sakit maupun kepatuhan terhadap ketentuan BAPETEN (BAPETEN, 2020; ICRP, 2007; WHO, 2023).

Strategi Peningkatan Implementasi Prinsip ALARA

Berdasarkan hasil analisis USG, Fishbone, dan SWOT, strategi peningkatan implementasi prinsip ALARA perlu dilakukan secara komprehensif dengan melibatkan seluruh komponen organisasi.

Peningkatan Kompetensi Tenaga Kesehatan

Kompetensi tenaga kesehatan merupakan faktor utama dalam keberhasilan implementasi ALARA. Pelaksanaan pelatihan proteksi radiasi secara berkala akan meningkatkan pemahaman mengenai risiko paparan radiasi, teknik pengurangan dosis, penggunaan APD yang benar, serta pemanfaatan fitur keselamatan pada sistem fluoroskopi. Pendidikan berkelanjutan juga mampu meningkatkan kesadaran pekerja terhadap pentingnya penggunaan dosimeter personal sebagai alat pemantauan dosis radiasi individual. Selain pelatihan formal, rumah sakit dapat menyelenggarakan kegiatan *refreshment training*, diskusi kasus, maupun simulasi penerapan ALARA sehingga budaya keselamatan semakin tertanam dalam praktik kerja sehari-hari.

Penguatan Monitoring dan Audit Keselamatan Radiasi

Monitoring merupakan salah satu komponen penting dalam siklus peningkatan mutu pelayanan. Evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan monitoring penerapan ALARA belum berjalan secara optimal sehingga diperlukan penyusunan indikator kinerja yang dapat digunakan untuk mengukur kepatuhan penggunaan APD, penggunaan dosimeter personal, lama fluoroskopi, serta hasil pemantauan dosis radiasi. Audit internal yang dilakukan secara berkala akan membantu rumah sakit mengidentifikasi penyimpangan terhadap prosedur keselamatan sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan. Hasil audit juga dapat menjadi dasar dalam penyusunan program peningkatan mutu pelayanan Cathlab.

Optimalisasi Pemanfaatan Teknologi

Peralatan fluoroskopi modern telah dilengkapi dengan berbagai fitur yang bertujuan mengurangi dosis radiasi tanpa menurunkan kualitas citra diagnostik. Oleh karena itu, seluruh operator perlu memperoleh pelatihan mengenai penggunaan fitur *pulse fluoroscopy*, *last image hold*, kolimasi, serta pengaturan parameter eksposi yang optimal (ICRP, 2018; Jones et al., 2023; Miller et al., 2012). Optimalisasi teknologi tidak hanya menurunkan dosis radiasi bagi pasien tetapi juga mengurangi radiasi hambur yang diterima tenaga kesehatan sehingga sejalan dengan konsep ALARA (ICRP, 2007).

Penguatan Budaya Keselamatan Radiasi

Budaya keselamatan merupakan faktor yang membedakan organisasi dengan tingkat kepatuhan tinggi dan rendah. Penguatan budaya keselamatan dapat dilakukan melalui komitmen pimpinan, supervisi yang berkelanjutan, pemberian umpan balik terhadap hasil monitoring dosis, serta penerapan sistem penghargaan (reward) bagi tenaga kesehatan yang menunjukkan kepatuhan tinggi terhadap prosedur keselamatan (IAEA, 2018; WHO, 2023).

Sebaliknya, pembinaan terhadap pelanggaran prosedur keselamatan perlu dilakukan secara edukatif sehingga pekerja memahami bahwa penggunaan APD dan dosimeter bukan hanya kewajiban administratif, melainkan bentuk perlindungan terhadap kesehatan jangka panjang (ICRP, 2018; Ciraj-Bjelac et al., 2021).

Implikasi Penelitian

Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengembangan program keselamatan radiasi di rumah sakit, khususnya pada unit pelayanan Cathlab. Temuan menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi prinsip ALARA tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan sarana dan prasarana, tetapi juga oleh perilaku tenaga kesehatan, efektivitas sistem pengawasan, serta komitmen organisasi dalam membangun budaya keselamatan (IAEA, 2018; ICRP, 2018; WHO, 2023).

Bagi manajemen rumah sakit, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam penyusunan kebijakan peningkatan mutu pelayanan melalui penguatan program K3RS dan keselamatan radiasi. Penyusunan indikator kepatuhan penggunaan APD, evaluasi dosis radiasi pekerja secara berkala, serta integrasi audit keselamatan radiasi ke dalam program peningkatan mutu rumah sakit merupakan langkah strategis yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efektivitas implementasi ALARA (BAPETEN, 2020). Selain itu, penelitian ini memperkuat bukti bahwa pendekatan USG, Fishbone, dan SWOT dapat digunakan secara terpadu untuk mengevaluasi implementasi program keselamatan radiasi di fasilitas pelayanan kesehatan. Pendekatan tersebut tidak hanya mampu mengidentifikasi permasalahan prioritas, tetapi juga menghasilkan rekomendasi yang aplikatif bagi pengambil kebijakan.

PENUTUP

Pelayanan di Ruang *Cardiac Catheterization Laboratory* (Cathlab) Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau memiliki tingkat risiko paparan radiasi pengion yang tinggi karena memanfaatkan fluoroskopi secara intensif dalam berbagai prosedur diagnostik maupun intervensi kardiovaskular. Oleh karena itu, penerapan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) menjadi komponen utama dalam menjamin keselamatan radiasi bagi tenaga kesehatan yang bekerja di unit tersebut. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa implementasi prinsip ALARA telah didukung oleh tersedianya kebijakan keselamatan radiasi, standar operasional prosedur, Petugas Proteksi Radiasi (PPR), alat pelindung diri radiasi, perangkat pelindung radiasi tambahan, dosimeter personal, serta dukungan sarana dan prasarana yang memadai. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa rumah sakit telah memiliki fondasi yang cukup baik dalam penyelenggaraan program keselamatan radiasi. Meskipun demikian, implementasi prinsip ALARA masih menghadapi beberapa kendala yang

memengaruhi efektivitas program. Permasalahan utama yang ditemukan meliputi belum optimalnya kepatuhan penggunaan alat pelindung diri radiasi dan dosimeter personal, pelaksanaan pelatihan keselamatan radiasi yang belum berkesinambungan, serta monitoring dan evaluasi penerapan ALARA yang belum dilakukan secara sistematis. Berdasarkan analisis Urgency, Seriousness, and Growth (USG), tingginya potensi paparan radiasi terhadap tenaga kesehatan merupakan masalah prioritas yang memerlukan penanganan segera. Selanjutnya, analisis Fishbone dengan pendekatan 6M menunjukkan bahwa faktor sumber daya manusia, metode kerja, manajemen, sarana, pendanaan, dan pemanfaatan teknologi berkontribusi terhadap belum optimalnya implementasi prinsip ALARA. Analisis SWOT menunjukkan bahwa rumah sakit memiliki kekuatan berupa dukungan kebijakan dan fasilitas proteksi radiasi, namun masih memiliki kelemahan pada aspek kepatuhan pekerja, budaya keselamatan, serta sistem monitoring program. Di sisi lain, perkembangan teknologi fluoroskopi dan regulasi nasional mengenai keselamatan radiasi menjadi peluang untuk meningkatkan kualitas program, sedangkan peningkatan jumlah tindakan intervensi dan akumulasi paparan radiasi merupakan ancaman yang perlu diantisipasi. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penerapan prinsip ALARA di Ruang Cathlab Jantung RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau telah berjalan, namun efektivitas implementasinya masih perlu ditingkatkan melalui penguatan budaya keselamatan radiasi, peningkatan kompetensi tenaga kesehatan, optimalisasi pemanfaatan teknologi, serta penguatan sistem monitoring dan evaluasi secara berkelanjutan. Upaya tersebut diharapkan mampu menurunkan risiko paparan radiasi bagi tenaga kesehatan sekaligus meningkatkan mutu pelayanan kesehatan di lingkungan rumah sakit.

REFERENSI

- Badan Pengawas Tenaga Nuklir. (2020). *Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional*. BAPETEN.
- Batalden, P. B., & Davidoff, F. (2007). What is "quality improvement" and how can it transform healthcare? *Quality and Safety in Health Care*, 16(1), 2–3. <https://doi.org/10.1136/qshc.2006.022046>
- Ciraj-Bjelac, O., Rehani, M. M., Sim, K. H., Liew, H. B., Vañó, E., & Kleiman, N. J. (2021). Risk for radiation-induced cataract for staff in interventional cardiology. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 98(5), 1002–1010. <https://doi.org/10.1002/ccd.29712>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Fetterly, K. A., Mathew, V., Lennon, R., Bell, M. R., Holmes, D. R., & Rihal, C. S. (2012). Radiation dose reduction in the invasive cardiovascular laboratory: Implementing a culture and philosophy of radiation safety. *JACC: Cardiovascular Interventions*, 5(9), 866–873. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2012.05.017>
- Gürel, E., & Tat, M. (2017). SWOT analysis: A theoretical review. *The Journal of International Social Research*, 10(51), 994–1006

- International Atomic Energy Agency. (2018). *Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation* (Specific Safety Guide No. SSG-46). International Atomic Energy Agency.
- International Commission on Radiological Protection. (2007). *The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection* (ICRP Publication 103). *Annals of the ICRP*, 37(2–4). <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2007.10.003>
- International Commission on Radiological Protection. (2018). *Occupational radiological protection in interventional procedures* (ICRP Publication 139). *Annals of the ICRP*, 47(2). https://doi.org/10.1177/ANIB_47_2
- Jones, A. K., Wunderle, K. A., Fruscello, T., Simanowith, M., Cline, B., Dharmadhikari, S., Duan, X., Durack, J. C., Hirschl, D., Kim, D. S., Mahmood, U., Mann, S. D., Martin, C., Metwalli, Z., Moirano, J. M., Neill, R. A., Newsome, J., Padua, H., Schoenfeld, A. H., & Miller, D. L. (2023). Patient radiation doses in IR procedures: The American College of Radiology Dose Index Registry–Fluoroscopy Pilot. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 34(4), 544–555.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.11.003>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2022 tentang Rekam Medis*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2020). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (4th ed.). SAGE Publications.
- Miller, D. L., Balter, S., Dixon, R. G., Nikolic, B., Bartal, G., Cardella, J. F., Dauer, L. T., & Stecker, M. S. (2012). *Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record for fluoroscopically guided procedures*. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 23(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2011.09.008>
- Republic of Indonesia. (2023). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Vañó, E., Miller, D. L., Bartal, G., Rehani, M. M., Kang, K., Rosenstein, M., Ortiz-López, P., Mattsson, S., & Padovani, R. (2018). Occupational radiological protection in interventional procedures. *Annals of the ICRP*, 47(2), 7–118. https://doi.org/10.1177/ANIB_47_2
- World Health Organization. (2016). *Communicating radiation risks in paediatric imaging: Information to support healthcare discussions about benefit and risk*. World Health Organization.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.