

Studi kasus kesesuaian rancang bangun ruangan radiologi konvensional di instalasi radiologi RSUD Salatiga

Muhammad Za'im, Dian Melinda Rahma, Ayu Mahanani*

Prodi Radiologi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Aisyiyah Yogyakarta

Email: m.zaim@unisayogya.ac.id, dianmelinda225@gmail.com, ayumahanani@unisayogya.ac.id

Abstrak

Bangunan Instalasi Radiologi memerlukan perhatian khusus dalam pembangunannya. Untuk menunjang keselamatan radiasi perlu dipikirkan segala bentuk struktur bangunan guna memenuhi syarat proteksi radiasi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dosis radiasi di sekitar ruang radiologi konvensional di Instalasi Radiologi di RSUD dan mengetahui kesesuaian rancang bangun ruangan radiologi konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga dengan Permenkes Nomor 24 Tahun 2020. Jenis penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif eksploratif. Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga dari bulan September 2022 hingga Agustus 2024. Subjek penelitian yaitu radiographer yang terdiri dari 2 orang, 1 Petugas Proteksi Radiasi (PPR) dan 1 orang fisikawan medis. Pengambilan data penelitian menggunakan lembar observasi, wawancara, dan dokumentasi. Analisa data yang dilakukan mulai dari pengumpulan data, pengolahan data, penyajian data dan kesimpulan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis radiasi yaitu ruang mammografi 3,7 $\mu\text{Sv/h}$ (melebihi NBD), ruang CT. Scan 0.03 $\mu\text{Sv/jam}$ (aman), selasar 2,2 $\mu\text{Sv/jam}$ (melebihi NBD), selasar petugas 1,3 $\mu\text{Sv/h}$ (aman) dan ruang operator 3,1 $\mu\text{Sv/h}$ (melebihi NBD). Hasil observasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semua indikator syarat ruang radiologi terpenuhi semua kecuali kelembapan ruangan dan tebal dinding. Namun demikian, penerapan proteksi radiasi sudah baik dan terpenuhinya persyaratan ruangan.

Kata Kunci: dosis radiasi, NBD, radiologi konvensional.

CASE STUDY OF THE SUITABILITY OF CONVENTIONAL RADIOLOGY ROOM DESIGN IN RADIOLOGY INSTALLATIONS

Abstract

Radiology installation buildings require special attention in their construction. To support radiation safety, it is necessary to think about all forms of building structures to meet radiation protection requirements. This research aims to determine the radiation dose around the conventional radiology room in the Radiology Installation at the Regional Hospital and to determine the suitability of the design of the conventional radiology room at the Radiology Installation at the Salatiga Regional Hospital with Minister of Health Regulation Number 24 of 2020. The type of research used is descriptive qualitative explorative. The research was conducted at the Radiology Installation of Salatiga Regional Hospital from September 2022 to August 2024. The research subjects were radiographers consisting of 2 people, 1 Radiation Protection Officer (PPR) and 1 medical physicist. Research data was collected using observation sheets, interviews, and documentation. Data analysis was carried out starting from data collection, data processing, data presentation and conclusions. The research results showed that the radiation dose in the mammography room was 3.7 $\mu\text{Sv/h}$ (exceeding the NBD), in the CT room. Scan 0.03 $\mu\text{Sv/hour}$ (safe), passage 2.2 $\mu\text{Sv/hour}$ (exceeds NBD), officer's passage 1.3 $\mu\text{Sv/h}$ (exceeds NBD), and operator room 3.1 $\mu\text{Sv/h}$ (safe). The results of the observations that have been made show that all indicators for the radiology room requirements are met except for room humidity and wall thickness.

Keyword: conventional radiology, NBD, radiological dosage.

1. Pendahuluan

Instalasi Radiologi merupakan sarana penunjang di rumah sakit yang menggunakan dan memanfaatkan peralatan jenis radiasi pengion. Radiasi pengion adalah gelombang elektromagnetik dan partikel bermuatan karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilalui, contohnya : radiasi alfa, betta, radiasi sinar-X dan sebagainya. Disamping bermanfaat, sinar-X juga menimbulkan gangguan kesehatan bagi pekerja radiasi maupun masyarakat sekitar (Fairusiyah et al., 2016).

Sinar-X bersifat heterogen, panjang gelombangnya bervariasi dan tidak terlihat. Perbedaan antara sinar-X dengan sinar elektromagnetik lainnya juga terletak pada panjang gelombang, dimana panjang gelombang sinar-X sangat pendek, yaitu hanya 1/10.000 panjang gelombang cahaya yang kelihatan. Karena panjang gelombang yang pendek itu, maka sinar-X dapat menembus benda-benda (Rasad, 2016).

Salah satu alat penunjang di instalasi radiologi ialah pesawat sinar X. Pemanfaatan pesawat sinar X radiologi diagnostik di Indonesia terus berkembang. Radiologi ini memanfaatkan sinar X untuk keperluan diagnosis baik radiologi diagnostik maupun radiologi intervensional (Perka BAPETEN Nomor 8, 2011). Sinar X merupakan jenis radiasi pengion yang dapat memberikan manfaat (diagnosa) dengan radiasi suatu penyakit atau kelainan organ tubuh dapat lebih awal dan lebih teliti dideteksi. Untuk memastikan pesawat sinar X memenuhi persyaratan keselamatan radiasi dan memberikan informasi diagnosis maka diperlukan uji fungsi atau uji kesesuaian sebagai bentuk penerapan proteksi radiasi agar dosis yang diterima serendah mungkin (Dianasari & Koesyanto, 2017).

Menurut Yani et al., (2021) bahaya dari terpaparnya radiasi secara terus menerus dapat dibagi menjadi efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik yaitu efek yang terjadi pada individu yang terpapar dalam waktu yang tidak lama setelah paparan terjadi karena kerusakan sel akibat paparan radiasi, efek ini terjadi ketika dosis radiasi yang diterima oleh tubuh melebihi ambang. Efek stokastik merupakan efek yang tidak melebihi nilai ambang batas dosis, serendah apapun dosisnya selalu ada kemungkinan terjadi perubahan dalam sistem biologis, bukan kematian sel melainkan perubahan sel dengan fungsi yang berbeda. Jika sel yang diubah adalah sel somatik, maka sel tersebut tumbuh dalam waktu yang lama seiring dengan pengaruh zat beracun lainnya dan berkembang menjadi kanker.

Mengingat potensi bahaya radiasi yang besar dalam pemanfaatan sinar X, faktor keselamatan merupakan hal yang penting sehingga dapat memperkecil risiko akibat bekerja di instalasi radiologi dan dampak radiasi terhadap pekerja radiasi. Untuk mencegah hal tersebut dapat dilakukan dengan penerapan aspek manajemen keselamatan radiasi dimana keselamatan radiasi merupakan tindakan yang dilakukan untuk melindungi pasien, pekerja, dan anggota masyarakat dari bahaya radiasi. Proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi (Monita, 2021).

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 8 Tahun 2011 proteksi radiasi adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi. Penggunaan tenaga nuklir harus dipantau secara hati-hati agar senantiasa mematuhi semua peraturan yang berkaitan dengan keselamatan tenaga nuklir dan tidak menimbulkan bahaya radiasi bagi pekerja radiasi, masyarakat dan lingkungan. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang keselamatan radiasi dalam penggunaan pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional, bahwa keselamatan radiasi pengion di bidang kesehatan merupakan tindakan untuk melindungi pasien, pekerja, masyarakat dan lingkungan dari bahaya radiasi (Yani et al., 2021).

Bangunan Instalasi Radiologi memerlukan perhatian khusus dalam pembangunannya. Untuk menunjang keselamatan radiasi perlu dipikirkan segala bentuk struktur bangunan guna memenuhi syarat proteksi radiasi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah ruang pemeriksaan dengan pesawat sinar-X adalah: lokasi bangunan, letak ruangan, desain ruangan, tebal dinding maupun perisai dan kaca (Indarti et al., 2017). Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (PERKA BAPETEN) Nomor 8 Tahun 2011 nilai laju dosis radiasi yang ada di ruangan instalasi radiologi tidak boleh melebihi Pembatas Dosis yaitu sebesar 1 mSv/tahun atau 0,25 mSv/3bulan (Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2011).

Menurut Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 salah satu syarat ruangan radiologi yaitu dinding dengan material bata merah dengan ketebalan 25 cm dan kerapatan jenis $2,2 \text{ g/cm}^3$ atau beton dengan ketebalan 20 cm atau setara dengan 2 mm Pb, sehingga tingkat radiasi di sekitar ruangan pesawat SinarX tidak melampaui Nilai Batas Dosis 1 mSv/tahun.

Berdasarkan penjelasan di atas, tujuan penelitian ini untuk mengetahui dosis radiasi di sekitar ruang radiologi konvensional di Instalasi Radiologi di RSUD dan mengetahui kesesuaian rancang bangun ruangan radiologi konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga dengan Permenkes

Nomor 24 Tahun 2020.

2. Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif eksploratif. Penelitian kualitatif deskriptif eksploratif yaitu metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada kondisi obyek yang alamiah, dimana peneliti adalah sebagai instrumen kunci, teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi (gabungan), analisis data bersifat induktif, dan hasil penelitian kualitatif lebih menekankan makna dari pada generalisasi. Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga dari bulan September 2022 hingga Agustus 2024. Subjek penelitian ini adalah radiographer yang terdiri dari dua orang, satu orang Petugas Proteksi Radiasi (PPR) dan satu orang fisikawan medis. Penelitian ini dilakukan dengan observasi, wawancara, dan dokumentasi. Analisa data yang dilakukan mulai dari pengumpulan data, pengolahan data, penyajian data dan kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan wawancara mendalam yang dilakukan peneliti kepada 2 radiografer, 1 Petugas Proteksi Radiasi (PPR) dan 1 fisikawan medis, tujuan dilakukannya studi kasus ini untuk mengetahui dosis radiasi di sekitar ruang radiologi konvensional di Instalasi Radiologi di RSUD dan mengetahui kesesuaian rancang bangun ruangan radiologi konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga dengan Permenkes Nomor 24 Tahun 2020.

Prosedur wawancara diawali membuat pedoman wawancara, membuat jadwal wawancara dengan 2 radiografer, 1 Petugas Proteksi Radiasi (PPR) dan 1 fisikawan medis, melakukan wawancara dengan cara menanyakan pertanyaan kepada informan dan merekam percakapan dengan alat perekam, dan membuat transkrip wawancara yang telah didapatkan. Berdasarkan observasi, dilakukan dengan cara melihat beberapa kelengkapan yang ada di Instalasi Radiologi berdasarkan PERMENKES No. 24 Tahun 2022 seperti letak instalasi radiologi, suhu dan kelembaban ruangan, mengukur ketebalan dinding dan mengetahui material dinding, ada tidaknya AC, ukuran ruangan konvensional, ada tidaknya ventilasi, serta mengukur ketebalan pintu dan mengetahui material pintu.

3.1 Dosis Radiasi Disekitar Ruang Radiologi Konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga

Perhitungan NBD dalam satuan $\mu\text{Sv/h}$ dapat diperoleh dengan cara:

$$\frac{1 \text{ mSv}}{\text{Tahun}} = \frac{1 \text{ mSv}}{365 \text{ hari}} = \frac{0,00274}{24 \text{ jam}} = 0,000114 \text{ mSv/h} = 0,114 \mu\text{Sv/h}$$

Sehingga 1 mSv/tahun sama dengan 0,114 $\mu\text{Sv/jam}$.

$$\frac{2 \text{ mSv}}{\text{Tahun}} = \frac{20 \text{ mSv}}{365 \text{ hari}} = \frac{0,05479}{24 \text{ jam}} = 0,00228 \text{ mSv/h} = 2,28 \mu\text{Sv/h}$$

Sehingga 20 mSv/tahun sama dengan 2,28 $\mu\text{Sv/jam}$.

Hasil uji paparan radiasi pada tanggal 11 Maret 2022 dengan faktor eksposi 120 kV, 20 mAS (kondisi lumbal lateral gemuk) dengan menggunakan pesawat terpasang tetap Magnum Apelem. Hasil pengukuran dosis radiasi pada ruangan di sekitar ruang Radiologi Konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Dosis Radiasi untuk Petugas Disekitar Ruang Konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga (Instalasi Radiologi RSUD Salatiga, 2022)

Tempat pengukuran		Hasil ukur ($\mu\text{Sv/h}$)	Standar ($\mu\text{Sv/h}$)	Ket
Posisi	Nama ruang			
Kanan/Timur	R. Mamografi	3.7	2,28	Melebihi
Kiri/Barat	R. Pemeriksaan 2 (CT. Scan)	0.03	2,28	Aman
Belakang/Selatan	Selasar Petugas	1.3	2,28	Aman
	R. Operator	3.1	2,28	Melebihi
	Lantai atas			TDD
	Lantai bawah			TDD

Keterangan : TDD : Tidak dilakukan

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa dosis aman atau untuk radiographer adalah 20 mSv/tahun atau 2,28 $\mu\text{Sv/h}$ sedangkan untuk masyarakat adalah 1 mSv/tahun atau 0.114 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga sisi timur yaitu ruang mamografi memiliki 3,7 $\mu\text{Sv/h}$ yang mana di atas 2,28 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga melebihi NBD, sisi barat yaitu ruang pemeriksaan 2 (CT. Scan) memiliki 0.03 $\mu\text{Sv/h}$ yang mana tidak melebihi 2,28 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga aman, sisi selatan selasar petugas memiliki 1,3 $\mu\text{Sv/h}$ yang mana di bawah 2,28 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga aman, dan ruang operator memiliki 3,1 $\mu\text{Sv/h}$ yang mana di atas 2,28 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga melebihi NBD.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Dosis Radiasi untuk Masyarakat Disekitar Ruang Konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga (Instalasi Radiologi RSUD Salatiga, 2022)

Tempat pengukuran		Hasil ukur ($\mu\text{Sv/h}$)	Standar ($\mu\text{Sv/h}$)	Ket
Posisi	Nama ruang			
Depan/Utara	Selasar	2.2	0,114	Melebihi

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa dosis aman atau untuk masyarakat adalah 1 mSv/tahun atau 0.114 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga sisi utara yaitu selasar memiliki 2,2 $\mu\text{Sv/h}$ yang mana di atas 0,114 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga melebihi NBD.

Berdasarkan hasil pengukuran yang terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa nilai ruang mammografi 3,7 $\mu\text{Sv/h}$, selasar 2,2 $\mu\text{Sv/h}$, dan ruang operator 3,1 $\mu\text{Sv/h}$ melebihi NBD, sehingga yang aman adalah hanya pada ruang CT Scan dengan nilai 0,03 $\mu\text{Sv/h}$ dan selasar petugas 1,3 $\mu\text{Sv/h}$. Hal ini mungkin terjadi karena material dinding yang digunakan menggunakan bata ringan setebal 20 cm sedangkan material standar yang digunakan biasanya menggunakan bahan bata merah 25 cm/ beton 20 cm, sehingga material dinding kurang dengan standar. Terlebih lagi ada pb yang melorot karena di dinding terbentur sama brankart pasien. Hal inilah mungkin yang menyebabkan kebocoran radiasi di ruang konvensional..

NBD yang digunakan bergantung pada ruangan atau daerah dibalik penahan. Jika ruangan dibalik penahan digunakan untuk staf, maka nilai batas dosis yang digunakan adalah 20 mSv per tahun, atau untuk keperluan perhitungan praktis dengan proses optimasi proteksi radiasi menjadi 0,1 mGy per minggu. Sedangkan jika dibalik penahan digunakan oleh masyarakat umum, maka NBD yang digunakan adalah 1 mSv per tahun, atau untuk keperluan perhitungan praktis menjadi 0,02 mGy per minggu (Hiswara, 2015).

Berdasarkan perhitungan PERMENKES No. 24 Tahun 2022 konstruksi dinding dengan bata merah ketebalan 25 cm (dua puluh lima sentimeter) dan kerapatan jenis 2,2 g/cm³ (dua koma dua gram per sentimeter kubik), atau beton dengan ketebalan 20 cm (dua puluh sentimeter) atau setara dengan 2 mm (dua milimeter) timah hitam (Pb), sehingga tingkat radiasi di sekitar ruangan pesawat sinar-X tidak melampaui Nilai Batas Dosis 1 mSv/tahun (satu milisievert per tahun).

Dengan demikian jika harus berkerja pada medan radiasi yang tinggi, pembatasan waktu pejanan harus dilakukan agar perkalian laju dosis dengan waktu pejanan tidak melebihi NBD yang berlaku. Jika misalnya, seorang operator pesawat sinar-X diagnostik harus melakukan pekerjaan 5 hari dalam

seminggu pada medan radiasi sebesar 0,12 mSv/jam, pejanan berlebih dapat dicegah dengan membatasi waktu kerjanya hanya 40 menit perhari. Dengan pembatasan waktu kerja ini maka dosis yang diterima dalam satu hari menjadi 0,08 mSv/jam, sehingga NBD pertahun sebesar 20 mSv tidak dilampaui (Indrati, 2017).

3.2 Kesesuaian Rancang Bangun Ruang Radiologi Konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga dengan Permenkes Nomor 24 Tahun 2020

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan mengenai kesesuaian ruang konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga semua indikator syarat ruang radiologi terpenuhi yaitu letak instalasi radiologi mudah dijangkau, ada alat pemadam kebakaran, suhu ruangan 22,6°C, ketebalan pintu 5 cm, bahan pintu besi dilapisi timbal, ventilasi tidak ada namun dilengkapi oleh pendingin ruangan, dan ukuran ruangan 7 m (P) x 4,5 (L) x 3,5 (T). Akan tetapi kelembapan ruangan, material dinding dan tebal dinding tidak sesuai dengan indikator syarat ruang radiologi. Namun demikian, penerapan proteksi radiasi sudah baik dan sebagian besar terpenuhinya persyaratan ruangan.

Menurut PERMENKES No. 24 Tahun 2020 persyaratan material dan ketebalan dinding untuk ruangan Radiologi yaitu bata merah dengan ketebalan 25 cm dan kerapatan jenis 2,2 g/cm³ atau beton dengan ketebalan 20 cm atau setara dengan 2 mm Pb, sehingga tingkat radiasi di sekitar ruangan pesawat SinarX tidak melampaui Nilai Batas Dosis 1 mSv/tahun.

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (PERKA BAPETEN) Nomor 8 Tahun 2011 nilai laju dosis radiasi yang ada di ruangan instalasi radiologi tidak boleh melebihi Pembatas Dosis yaitu sebesar 10 mSv/tahun atau 2,5 mSv/3bulan (Perka BAPETEN No. 8 Tahun 2011). Instalasi radiologi harus dibangun sesuai dengan desain proteksi radiasi berdasarkan *Safety Report Series (SRS) No. 39 IAEA*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan radiasi dan mengurangi paparan radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi, pasien, serta masyarakat.

Berdasarkan hal di atas, peneliti berasumsi bahwa ruang radiologi harus dibangun sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 24 Tahun 2020 tentang Pelayanan Radiologi Klinik. Nilai laju dosis radiasi yang ada di ruangan instalasi radiologi tidak boleh melebihi Pembatas Dosis yaitu untuk staf, nilai batas dosis yang digunakan adalah 20 mSv per tahun, sedangkan untuk masyarakat umum, maka NBD yang digunakan adalah 1 mSv per tahun.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di dapatkan maka dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Hasil pengukuran dosis radiasi pada ruangan di sekitar ruang Radiologi Konvensional di Instalasi Radiologi RSUD Salatiga didapatkan sisi timur yaitu ruang mamografi memiliki 3,7 µSv/h yang mana di atas 2,28 µSv/h sehingga melebihi NBD, sisi barat yaitu ruang pemeriksaan 2 (CT. Scan) memiliki 0,03 µSv/h yang mana tidak melebihi 2,28 µSv/h sehingga aman, sisi utara yaitu selasar memiliki 2,2 µSv/h yang mana di atas 0,114 µSv/h sehingga melebihi NBD, sisi selatan selasar petugas memiliki 1,3 µSv/h yang mana di bawah 2,28 µSv/h sehingga aman, dan ruang operator memiliki 3,1 µSv/h yang mana di atas 2,28 µSv/h sehingga melebihi NBD.
2. Ruang Radiologi sudah sesuai dengan PERMENKES No. 24 Tahun 2022 kecuali kelembapan ruangan, material dinding dan tebal dinding. Namun demikian, penerapan proteksi radiasi sudah baik dan terpenuhinya persyaratan ruangan.

5. Ucapan Terimakasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada mitra penelitian saya yang telah membantu dalam pengumpulan data, serta kepada dosen pembimbing saya yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam proses penulisan artikel ilmiah ini. Dengan bantuan beliau, saya bisa menyelesaikan penulisan ini dengan baik.

Daftar Pustaka

Dianasari, T., & Koesyanto, H. (2017). Penerapan Manajemen Keselamatan Radiasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit. *Unnes Journal of Public Health*, 6(3), 174–183.

- Fairusiyyah, N., Widjasena, B., & Ekawati, E. (2016). Analisis Implementasi Manajemen Keselamatan Radiasi Sinar-X di Unit Kerja Radiologi Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang Tahun 2016. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(3), 514–527.
- Hiswara, E. (2015). *Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit*. Jakarta Selatan : BATAN Press.
- Indrati, R., Masrochah, S., Susanto, E., Kartikasari, Y., Wibowo, A. S., Darmini., Ambimayun, B., Rasyid., & Murniati, E. (2017). *Proteksi Radiasi Bidang Radiodiagnostik dan Intervensional*. Magelang : Inti Medika Pustaka.
- Monita, R. M. R. (2021). Analisis Penerapan Keselamatan Radiasi Sinar-X Pada Pekerja Radiasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pekanbaru Medical Center (PMC) Tahun 2020. *Media Kesmas (Public Health Media)*, 1(1), 26–39.
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 8 Tahun 2011 Pasal 1 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional. Diakses pada Tanggal 17 Juni 2024, Online : <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-badan-pengawas-tenaga-nuklir-no-4-tahun-2020-tentang-keselamatan-radiasi-pada-penggunaan-pesawat-sinar-x-dalam-radiologi-diagnostik-dan-intervensional> .
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2020 tentang Pelayanan Radiologi Klinik. Diakses pada Tanggal 17 Juni 2024, Online : <https://jdih.kemkes.go.id/pencarian/Mzk=/UE1LIE5vLiAyNCBUaCAyMDIwIHR0ZyBQZWxheWFuYW4gUmFkaW9sb2dpIEtsaW5pay5wZGY=/23/download>.
- Rasad, S. (2017). *Radiologi Diagnostik*. Jakarta : Badan Penerbit FKUI.
- Yani, I., Pratiwi, A. D., & Yunawati, I. (2021). Studi Deskriptif Proteksi Radiasi dan Penerapannya di Instalasi Radiologi Rumah Sakit. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 5(3).