
PROTEKSI RADIASI RADIOGRAFI THORAKS IBU HAMIL: STUDI KASUS PROTOKOL KLINIS DAN PASIEN SAFETY

Radiation Safety in Thoracic Radiography for Pregnant Women: A Case Study on Clinical Protocols and Patient Safety

Achmad Hasmy, Ahmad Hariri, Hana Fidya Wulandari*

*Program Studi Radiodiagnostik dan Radioterapi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika, Jakarta,
Indonesia*

**Email Korespondensi: hariri.publikasi@gmail.com*

Abstrak

Latar belakang: Paparan radiasi pengion dalam pemeriksaan radiodiagnostik, termasuk radiografi thorax pada ibu hamil, memiliki risiko signifikan terhadap perkembangan janin. Upaya proteksi radiasi sangat penting untuk memastikan keamanan ibu dan janin, terutama dalam prosedur pra-operasi caesar. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penatalaksanaan pemeriksaan radiografi thorax pada ibu hamil pre-operasi caesar di Rumah Sakit Pusat Pertamina dan memastikan penerapan proteksi radiasi yang optimal. **Metode:** Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara terstruktur, dan dokumentasi. Subjek penelitian termasuk pasien ibu hamil, tiga radiografer, dan seorang dokter radiolog. **Hasil:** Pemeriksaan radiografi thorax dilakukan dengan proyeksi Posterior Anterior (PA), menggunakan alat pelindung seperti apron timah untuk mengurangi paparan radiasi. Teknik pemeriksaan ini menggunakan faktor eksposi 96 kV dan 4 mAs dengan jarak fokus-film 150 cm, yang efektif dalam mengurangi dosis radiasi. Hasil pemeriksaan menunjukkan gambaran paru-paru dan jantung normal pada dua pasien yang diteliti. **Kesimpulan:** Penatalaksanaan pemeriksaan radiografi thorax pada ibu hamil pre-operasi caesar di Rumah Sakit Pusat Pertamina sesuai dengan protokol keamanan radiologi. Teknik yang digunakan serta penerapan proteksi radiasi telah sesuai dengan standar, memastikan pemeriksaan yang aman dan berkualitas.

Kata Kunci: Ibu Hamil, Keamanan Radiologi, Proteksi Radiasi, Pra-Operasi Caesar, Radiografi Thorax.

Abstract

Background: Exposure to ionizing radiation in radiodiagnostic examinations, including chest radiography in pregnant women, has a significant risk to fetal development. Radiation protection measures are very important to ensure the safety of the mother and fetus, especially in pre-caesarean section procedures. **Objective:** This study aims to evaluate the management of thorax radiography examinations in pregnant women pre-caesarean section at Pertamina Central Hospital and ensure the implementation of optimal radiation protection. **Method:** This research uses a qualitative approach with a case study design. Data was collected through observation, structured interviews, and documentation. Research subjects included pregnant women, three radiographers, and a radiologist. **Results:** Thorax radiography examination was carried out with Posterior Anterior (PA) projection, using protective equipment such as a lead apron to reduce radiation exposure. This examination technique uses an exposure factor of 96 kV and 4 mAs with a film-focus distance of 150 cm, which is effective in reducing radiation dose. The examination results showed normal lung and heart images in the two patients studied. **Conclusion:** Management of thorax radiography examinations in pregnant women pre-caesarean section at Pertamina Central Hospital is in accordance with radiological safety protocols. The techniques used and the application of radiation protection are in accordance with standards, ensuring safe and quality inspections.

Keywords: Pregnant Women, Radiological Safety, Radiation Protection, Pre-Caesarean Operation, Thorax Radiography.

PENDAHULUAN

Radiasi pengion telah menjadi bagian integral dalam dunia medis, terutama dalam pemeriksaan radiodiagnostik. Meskipun memberikan manfaat diagnostik yang besar, paparan radiasi pengion dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius, terutama bagi kelompok rentan seperti wanita hamil. Wanita hamil

merupakan populasi dengan sensitivitas tinggi terhadap radiasi karena risiko yang ditimbulkan terhadap perkembangan janin. Radiasi pengion dapat menyebabkan malformasi seperti mikrosefali, hidrosefalus, dan retardasi mental, terutama jika paparan terjadi selama periode kritis perkembangan janin [1], [2]. Paparan radiasi selama kehamilan dapat berdampak buruk pada perkembangan biologis janin, seperti cacat bawaan dan gangguan pertumbuhan. Oleh karena itu, upaya proteksi radiasi menjadi sangat penting dalam memastikan keamanan baik bagi ibu maupun janin selama pemeriksaan radiologi. Dan disarankan untuk memprioritaskan teknik pencitraan non pengion seperti USG atau MRI, hal ini untuk meminimalkan paparan [2], [3]. Ketika radiasi pengion diperlukan, manajemen dosis yang cermat dan tindakan perlindungan dapat mengurangi risiko lebih lanjut [3], [4].

Dalam praktik klinis, prosedur radiografi thorax sering kali menjadi bagian dari penatalaksanaan medis, termasuk pada wanita hamil. Teknik pemeriksaan ini digunakan untuk mendiagnosis berbagai kondisi kesehatan yang memerlukan tindakan segera. Namun, prosedur ini memiliki tantangan khusus karena paparan radiasi yang dapat memengaruhi kehamilan, terutama pada periode awal trimester pertama. Radiasi pengion banyak digunakan dalam diagnostik medis, tetapi berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, terutama bagi kelompok rentan seperti ibu hamil. Risiko radiasi pengion terhadap janin bergantung pada dosis dan tahap kehamilan, dengan risiko tertinggi selama organogenesis dan periode awal janin [1], [2], [5]. Paparan radiasi selama masa kehamilan 3-12 minggu dapat menyebabkan kelainan pertumbuhan dan cacat bawaan pada bayi yang dilahirkan. Oleh sebab itu, protokol pemeriksaan radiologi pada wanita hamil memerlukan perhatian khusus untuk meminimalkan risiko ini.

Penelitian dan praktik radiologi menunjukkan perkembangan signifikan dalam pengelolaan paparan radiasi, termasuk penggunaan alat pelindung seperti apron timah, pengaturan kolimasi yang ketat, dan durasi eksposur yang sesingkat mungkin [6]. Selain itu, perkembangan teknologi radiologi modern telah memungkinkan penerapan protokol proteksi yang lebih baik dan efisien [7], sehingga risiko bagi wanita hamil dapat diminimalkan tanpa mengurangi kualitas diagnostik. Namun, meskipun kemajuan ini telah tercapai, masih ada tantangan dalam implementasi protokol tersebut di berbagai fasilitas layanan kesehatan.

Fakta di lapangan berkaitan dengan perbedaan prosedur dan kebijakan di setiap fasilitas kesehatan. Sebagai contoh, di Rumah Sakit Pusat Pertamina, sebelum pandemi COVID-19, foto rontgen thorax pada ibu hamil jarang dilakukan. Namun, selama pandemi, prosedur ini menjadi bagian wajib sebelum operasi caesar, meskipun risiko radiasi tetap menjadi perhatian utama. Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang efektivitas protokol yang ada dalam memastikan keamanan pasien, sekaligus menyoroti perlunya standarisasi prosedur di berbagai fasilitas kesehatan [1], [5].

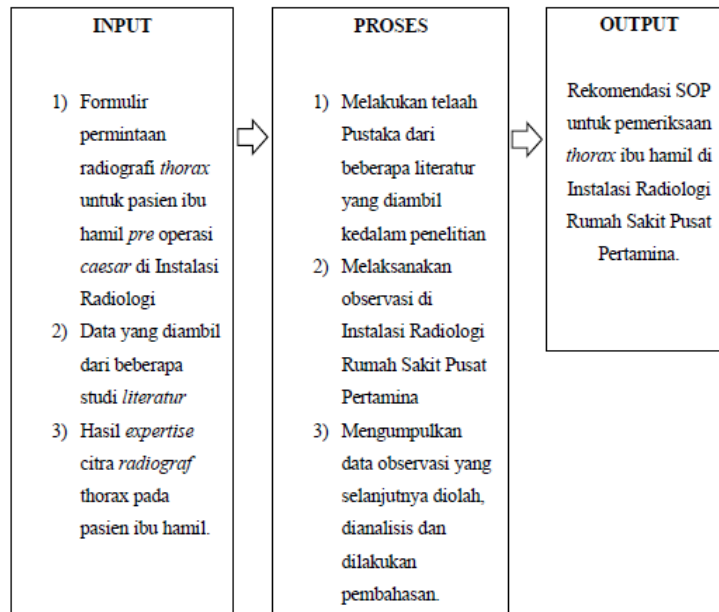
Penatalaksanaan pemeriksaan foto thorax pada ibu hamil pre-operasi caesar, memerlukan sebuah prosedur khusus. Prosedur ini penting untuk memastikan kondisi kesehatan ibu sebelum operasi, namun juga membawa risiko paparan radiasi bagi janin. Pertanyaan kunci yang hendak dijawab adalah: Apa saja proyeksi radiografi yang digunakan pada pemeriksaan thorax ibu hamil? Mengapa pemeriksaan ini perlu dilakukan sebelum operasi caesar? Dengan menjawab pertanyaan ini, diharapkan dapat memberikan solusi berbasis bukti untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi prosedur ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi prosedur penatalaksanaan pemeriksaan radiografi thorax pada ibu hamil pre-operasi caesar di instalasi radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina. Studi ini akan menganalisis proyeksi radiografi yang digunakan serta tujuan spesifik pemeriksaan ini dalam konteks proteksi radiasi. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan baru yang dapat diadopsi oleh fasilitas kesehatan lainnya untuk meningkatkan standar keselamatan radiologi bagi wanita hamil.

Hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan pengetahuan tenaga medis dan mahasiswa radiologi, tetapi juga diharapkan dapat menjadi referensi yang relevan untuk pengembangan kebijakan dan prosedur pemeriksaan radiologi pada wanita hamil. Dengan demikian, penelitian ini memiliki dampak yang luas, baik dalam konteks ilmiah maupun dalam aplikasi klinis untuk memastikan keamanan dan kesejahteraan pasien.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam karya tulis ilmiah ini adalah pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus. Penelitian dilakukan pada pemeriksaan radiografi thorax pada ibu hamil pre-operasi caesar di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina, Jakarta, selama periode 1 Januari hingga 31 Maret 2023. Subjek penelitian meliputi pasien ibu hamil yang menjalani pemeriksaan thorax, serta tiga orang radiografer dan satu dokter radiolog sebagai responden utama. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara terstruktur, dan dokumentasi, yang bertujuan untuk memahami prosedur pelaksanaan dan penerapan proteksi radiasi.



Gambar 1. Kerangka konsep

Data yang diperoleh dianalisis melalui beberapa tahap, dimulai dengan pengumpulan data dari observasi, wawancara, dan dokumentasi. Selanjutnya, data direduksi dengan proses koding terbuka untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang relevan. Data yang telah direduksi disajikan dalam bentuk gambar dan kutipan langsung dari responden. Pembahasan dilakukan dengan menghubungkan hasil analisis dengan teori yang ada untuk menarik kesimpulan terkait penatalaksanaan pemeriksaan radiografi *thorax* pada ibu hamil *pre-operasi caesar*.

HASIL

Pemeriksaan radiografi *thorax* pada ibu hamil *pre-operasi caesar* merupakan salah satu prosedur rutin yang dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina Jakarta. Penelitian ini melibatkan dua pasien ibu hamil dengan rincian data klinis: pasien pertama (Ny. P) berusia 28 tahun, dengan kondisi G2P1A0 usia kehamilan 38 minggu, dan pasien kedua (Ny. W) berusia 36 tahun dengan indikasi *pre-operasi caesar*. Kedua pasien menjalani pemeriksaan *thorax* dengan proyeksi Posterior Anterior (PA). Observasi menunjukkan bahwa pemeriksaan tersebut dilakukan sesuai prosedur standar, dengan perhatian khusus pada perlindungan janin dari paparan radiasi.

Dalam persiapan pemeriksaan *thorax*, pasien tidak memerlukan persiapan khusus selain pelepasan benda-benda yang dapat menimbulkan artefak seperti perhiasan atau aksesoris logam [8]–[10]. Pasien diberikan apron pelindung yang menutupi perut dan daerah pinggul untuk meminimalkan paparan radiasi terhadap janin. Untuk rambut panjang, pasien diminta mengikat rambut agar tidak mengganggu hasil gambaran radiograf. Persiapan alat melibatkan peralatan radiologi standar, termasuk pesawat sinar-X merk Siemens tipe Multix Top, kaset radiografi ukuran 35 x 43 cm, dan printer Fuji Film tipe DRYPIX800.



Gambar 2. Radiograph Thorax dengan Penampakan Gambaran Lead Apron dibawah

Teknik pemeriksaan yang dilakukan adalah proyeksi Posterior Anterior (PA). Proyeksi PA mempertahankan kualitas gambar yang sebanding dengan proyeksi AP. Hal ini penting untuk tujuan diagnostik, memastikan bahwa pengurangan radiasi tidak membahayakan kegunaan diagnostik gambar [11], [12]. Posisi pasien berdiri menghadap bucky stand. Kedua tangan diletakkan di pinggang dengan siku didorong ke depan untuk meminimalkan bayangan scapula pada lapangan paru, Central Ray (CR) diarahkan horizontal dan tegak lurus terhadap kaset dengan Central Point (CP) pada T7 [13]. Faktor eksposi yang digunakan adalah 96 kV dan 4 mAs dengan jarak fokus-film (FFD) 150 cm. Pasien diminta menahan napas setelah inspirasi penuh sebelum eksposi dilakukan untuk menghasilkan gambar yang optimal.

Hasil gambaran radiografi dari kedua pasien menunjukkan kondisi paru-paru dan jantung yang normal. Pada pasien pertama, hasil radiografi memperlihatkan bentuk dan ukuran jantung yang normal, corakan bronkovaskular yang tidak menunjukkan kelainan, serta sinus kostofrenikus kanan yang jelas, meskipun sinus kostofrenikus kiri sedikit tertutup apron. Tidak terdapat infiltrat, lesi spesifik, atau kelainan lainnya. Hasil serupa juga ditemukan pada pasien kedua, di mana tidak tampak kelainan radiologis pada jantung, paru, maupun struktur tulang dada.

Proteksi radiasi pada pasien ibu hamil menjadi perhatian utama dalam penelitian ini [14]–[16]. Observasi menunjukkan penggunaan apron pelindung di perut dan pinggul sebagai langkah utama proteksi. Teknik radiografi dengan faktor eksposi tinggi (high kV) juga diterapkan untuk mengurangi radiasi hambur. Selain itu, kolimasi secukupnya digunakan untuk membatasi area yang terpapar radiasi agar tetap sesuai kebutuhan diagnostik.

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina pada bulan Januari hingga Maret 2023 dengan tujuan untuk mengevaluasi tatalaksana pemeriksaan thorax pada ibu hamil pasca pandemi. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa pemeriksaan thorax untuk ibu hamil dilakukan tanpa persiapan khusus, namun dengan langkah-langkah perlindungan tertentu untuk melindungi janin. Pasien diminta mengenakan apron pelindung di daerah pinggul dan perut, dan disarankan untuk melepaskan barang-barang yang dapat mengganggu gambaran radiograf.

Berdasarkan wawancara dengan tiga radiografer dan seorang dokter radiolog, diketahui bahwa pemilihan proyeksi PA dan langkah proteksi radiasi telah menjadi bagian dari standar operasional prosedur (SOP) di rumah sakit ini. Penggunaan FFD 150 cm membantu mengurangi paparan radiasi pada pasien, sementara koordinasi yang baik antara radiografer dan pasien memastikan prosedur berjalan lancar tanpa menimbulkan ketidaknyamanan bagi pasien.

Hasil wawancara mendalam dengan Responden 1, seorang petugas administrasi radiologi, mengungkapkan bahwa semua pasien, termasuk ibu hamil, harus menjalani proses screening sebelum melakukan pemeriksaan radiologi. Screening ini dilakukan untuk memastikan bahwa pemeriksaan dilakukan dengan aman, mengutamakan perlindungan untuk janin dengan penggunaan apron pelindung di daerah perut. Petugas juga mengutamakan pengawasan ganda dengan mencatat informasi pasien di formulir dan mengonfirmasi status kehamilan melalui komunikasi lisan dan tertulis.

Responden 2, seorang radiografer di Rumah Sakit Pusat Pertamina, menjelaskan bahwa sejak pandemi Covid-19 hingga sekarang, screening pada ibu hamil tetap dilaksanakan. Prosedur ini meliputi penggunaan apron pelindung di perut dan pinggul. Radiografer juga memastikan identifikasi pasien dilakukan secara akurat, dengan menyebutkan nama, tanggal lahir, dan usia kehamilan untuk mencegah kekeliruan. Dalam pemeriksaan ini, pasien diharuskan mengenakan pakaian khusus dan melepaskan aksesoris seperti bra untuk meminimalkan gangguan pada hasil radiograf.

Dari sisi teknik, pemeriksaan thorax pada ibu hamil dilakukan dengan proyeksi postero anterior (PA). Proyeksi PA lebih baik kualitas gambarnya daripada proyeksi AP [11], [12]. Untuk pasien yang dapat berdiri, posisi PA erect dengan apron dipasang di depan perut ke belakang panggul. Sedangkan untuk pasien yang tidak mampu berdiri, posisi AP supine atau semi erect digunakan. Teknik ini bertujuan untuk memastikan bahwa gambaran organ jantung dan paru-paru dapat diambil dengan jelas. Proyeksi PA dan AP dipilih karena sudah cukup untuk menilai kondisi jantung dan paru-paru tanpa memerlukan proyeksi tambahan yang berisiko lebih tinggi.

Dokter Spesialis Radiologi Responden 3, menekankan pentingnya pemeriksaan thorax pre operasi caesar untuk memeriksa organ-organ vital seperti jantung dan paru-paru. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan tidak ada

kelainan yang dapat mempengaruhi keamanan selama prosedur operasi. Jika terdapat kelainan, dokter kandungan akan berkonsultasi dengan spesialis paru untuk merencanakan tindakan yang tepat, seperti terapi antibiotik atau pencegahan khusus selama operasi.

Dalam hal proteksi radiasi, teknik high KV dengan pengaturan tegangan tabung 96 kV dan arus 4 mAs diterapkan untuk meminimalkan dosis radiasi yang diterima pasien tanpa mengorbankan kualitas gambar [17]–[19]. Hal ini penting karena dosis radiasi yang lebih rendah dapat mengurangi risiko bagi janin. Radiografer menjelaskan bahwa perbedaan penggunaan high KV dibandingkan dengan kV normal terletak pada dosis paparan radiasi yang lebih rendah, meskipun gambarnya tetap cukup informatif untuk menilai kondisi paru dan jantung.

Teknik ini konsisten dengan pedoman yang diuraikan oleh Lampignano, J., & Kendrick, L. E (2020), yang menyebutkan posisi PA dengan kedua tangan di atas panggul untuk memastikan keamanan dan perlindungan optimal [13]. Namun, dalam prakteknya di Rumah Sakit Pusat Pertamina, posisi tangan pasien yang memegang apron digunakan untuk melindungi area perut dari paparan sinar radiasi.

Pemeriksaan thorax pada ibu hamil tetap dilakukan bahkan setelah pandemi, menunjukkan pentingnya skrining ini dalam memastikan operasi berjalan lancar. Jika hasil pemeriksaan menunjukkan adanya kelainan pada paru-paru, risiko penurunan saturasi oksigen selama anestesi bisa dihindari melalui pencegahan dan terapi yang sesuai. Observasi penulis di rumah sakit tersebut mencakup dua sampel yang menegaskan perlunya upaya perlindungan maksimal selama pemeriksaan radiologi pada ibu hamil.

Penerapan teknik high KV di pemeriksaan thorax ibu hamil membantu meminimalkan paparan radiasi tanpa mengurangi kualitas gambaran. Ini menjadi kunci dalam melindungi pasien hamil, sambil memastikan bahwa pemeriksaan tetap memberikan informasi yang diperlukan untuk mendukung tindakan medis selanjutnya. Kebijakan ini menunjukkan keseriusan Rumah Sakit Pusat Pertamina dalam melaksanakan prosedur dengan mempertimbangkan keselamatan pasien dan janin.

Prosedur pemeriksaan radiografi thorax pada ibu hamil pre-operasi caesar di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina dilakukan sesuai dengan protokol standar. Persiapan pasien dan alat, teknik pemeriksaan, serta penerapan proteksi radiasi menunjukkan kesesuaian dengan prinsip keamanan radiologi. Hasil radiografi pada kedua pasien tidak menunjukkan adanya kelainan radiologis, yang mendukung tujuan diagnostik pemeriksaan thorax sebelum operasi caesar. Keberlanjutan protokol keselamatan ini, bahkan setelah pandemi, menunjukkan komitmen rumah sakit dalam mempertahankan kualitas layanan radiologi yang aman dan sesuai standar. Upaya ini mencerminkan pentingnya kolaborasi antara

petugas administrasi, radiografer, dan dokter spesialis radiologi dalam memastikan prosedur dilakukan secara profesional dan sesuai protokol.

Secara keseluruhan, penelitian ini menggambarkan penerapan tatalaksana pemeriksaan thorax pada ibu hamil dengan mengikuti protokol keamanan yang ketat. Pelaksanaan prosedur ini, yang melibatkan penggunaan apron pelindung dan teknik eksposi yang bijaksana, menegaskan komitmen rumah sakit dalam menjaga kesehatan ibu dan janin sebelum tindakan operasi.

KESIMPULAN

Pemeriksaan thorax pada ibu hamil tetap dilakukan dengan mengutamakan keselamatan dan perlindungan, baik bagi pasien maupun janin. Proses screening dilakukan secara ketat, mulai dari identifikasi pasien hingga pemilihan teknik pemeriksaan yang tepat, seperti penggunaan KV tinggi untuk mengurangi paparan radiasi. Posisi pasien, seperti PA erect, serta penggunaan apron pelindung di bagian perut dan pinggul menunjukkan upaya perlindungan tambahan yang efektif. Evaluasi awal melalui pemeriksaan radiologi penting dilakukan untuk memastikan kesiapan pasien selama prosedur operasi caesar dan untuk mengurangi risiko komplikasi selama anestesi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Radiologi RSPP Jakarta Selatan, yang sudah memberikan izin atas terselenggaranya penelitian ini. Dokter radiologi, radiografer, administrasi yang telah membantu pengambilan data pada penelitian ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik dalam publikasi artikel ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Milošević, S. Milanović, M. Dožić, and S. Sotjanović-Rundić, "Dilemma in radiological examinations of pregnant women," *Glas. javnog Zdr.*, 2023, doi: 10.5937/serbjph2302200m.
- [2] M. Silva and D. M. P. Aires, "Os Efeitos Biológicos Da Radiação Ionizante Na Gravidez," vol. 8, p. 10, 2020, doi: 10.36607/refacer.v8i1.4488.
- [3] H. Zarghani and A. Amouzeshi, "A Narrative Review on the Radiation Risk of Medical Imaging for Traumatic Pregnant Patient and the Fetal Risks," *J. Surg. Trauma*, 2018, doi: 10.32592/JSURGERY.2018.6.3.104.
- [4] P. Suwanbut, T. Liamsuwan, D. Nantajit, W. Masa-Nga, and C. Tannanonta, "Assessment of Fetal Dose and Health Effect to the Fetus from Breast Cancer Radiotherapy during Pregnancy," *Life*, vol. 12, 2022, doi: 10.3390/life12010084.
- [5] C. Picone *et al.*, "Dose Reduction Strategies for Pregnant Women in Emergency Settings," *J. Clin. Med.*, vol. 12, 2023, doi: 10.3390/jcm12051847.
- [6] A. Kamal, M. Khan, and N. Sadiq, "Radiation Exposure In Interventional Cardiology: Strategies For Reduction And Protection," *Biol. Clin. Sci. Res. J.*,

- 2023, doi: 10.54112/bcsrj.v2023i1.518.
- [7] R. Loose *et al.*, "Radiation dose management systems—requirements and recommendations for users from the ESR EuroSafe Imaging initiative," *Eur. Radiol.*, vol. 31, pp. 2106–2114, 2020, doi: 10.1007/s00330-020-07290-x.
 - [8] R. J. Limbong, S. Masrochah, and N. Sulaksono, "Procedure Of Multi Slice Computed Tomography (Msct) Thorax Examination Using Positive Contrast Media With Breast Cancer Case," *JRI (Jurnal Radiogr. Indones.*, 2021, doi: 10.55451/jri.v4i1.78.
 - [9] I. Borodyansky, "Decision support system in radiology for fast diagnostics of thoracic diseases under COVID-19 pandemic conditions," *CARDIOMETRY*, 2022, doi: 10.18137/cardiometry.2022.21.5054.
 - [10] A. Hendin, S. Koenig, and S. Millington, "Better with Ultrasound: Thoracic Ultrasound," *Chest*, 2020, doi: 10.1016/j.chest.2020.04.052.
 - [11] F. Luan, J. Zhang, K. Mak, Z.-H. Liu, and H. Wang, "Low Radiation X-rays: Benefiting People Globally by Reducing Cancer Risks," *Int. J. Med. Sci.*, vol. 18, pp. 73–80, 2021, doi: 10.7150/ijms.48050.
 - [12] R. Faulkner and P. Lockwood, "Could posterior-anterior projection cervical spine radiographs improve image quality and dose reduction," *Radiogr. Open*, 2022, doi: 10.7577/radopen.5004.
 - [13] L. E. Lampignano, J., & Kendrick, *Bontrager's textbook of radiographic positioning and related anatomy - E-book: Bontrager's textbook of radiographic positioning and related anatomy - E-book*. Elsevier Health Sciences, 2020.
 - [14] M. Saada, E. Sanchez-Jimenez, and A. Roguin, "Risk of ionizing radiation in pregnancy: just a myth or a real concern?," *Europace*, vol. 25, pp. 270–276, 2022, doi: 10.1093/europace/euac158.
 - [15] P. Tomà *et al.*, "Protecting sensitive patient groups from imaging using ionizing radiation: effects during pregnancy, in fetal life and childhood," *Radiol. Med.*, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1007/s11547-019-01034-8.
 - [16] S. A. F. Ahmed, "Management of occupational exposure for pregnant employee in diagnostic radiology," *World J. Adv. Res. Rev.*, 2021, doi: 10.30574/wjarr.2021.12.3.0663.
 - [17] K. Alzyoud, B. Snaith, P. Hogg, and A. England, "The complete evaluation of tube potential on clinical image quality when using direct digital detectors for pelvis and lumbar spine radiography," *J. Med. Radiat. Sci.*, vol. 67, pp. 360–361, 2020, doi: 10.1002/jmrs.429.
 - [18] N. Peacock, A. Steward, and P. Riley, "An evaluation of the effect of tube potential on clinical image quality using direct digital detectors for pelvis and lumbar spine radiographs," *J. Med. Radiat. Sci.*, vol. 67, pp. 260–268, 2020, doi: 10.1002/jmrs.403.

- [19] M. G. Meena, "Physics guided machine learning for multi-material decomposition of tissues from dual-energy CT scans of simulated breast models with calcifications," *IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology*, vol. 35, no. 11. 2023. doi: 10.2352/EI.2023.35.11.HPCI-228.