

Analisis Efek Radiasi Sinar-X pada Tubuh Manusia

Fitri Nugraheni¹, Fitri Anisah², Gayuh Adi Susetyo³

Program Studi S1 Pendidikan Fisika, Universitas Sebelas Maret,
Jl. Ir. Sutami no 36 Kentingan Surakarta

Email : fitri.nugraheni28@student.uns.ac.id , fitrianisah1415@student.uns.ac.id ,
adisusetyo86@student.uns.ac.id

Abstract: *Ionizing radiation is one of the sources of danger in hospitals that must be identified to determine the level of risk as a measure of the possibility of accidents or occupational diseases. X-ray radiation is one of the ionizing radiation used in hospitals. Although the use of X-rays for diagnosis is very beneficial but also causes health problems, not only for patients and medical personnel, this risk also endangers hospital visitors. The purpose of this study was to determine the impact of exposure to X-ray radiation on the human body. This research is a literature study with a qualitative approach which will be described descriptively. The data used is a study of scientific articles, papers, proceedings, and books that are in accordance with the research focus. X-ray radiation on the human body can have an impact on several things, including: biological damage, changes in the number of lymphocytes, disorders of the teeth and mouth, increasing the risk of leukemia in children, breast cancer and ovarian disorders in women, reactions and skin diseases in children. workers, causing death in the embryo/fetus in pregnant women. So that in medical practice, accurate consideration is needed in the use of X-ray radiation.*

Keywords: *Radiation, X-ray, Human Body*

Abstrak: Radiasi pengion merupakan salah satu sumber bahaya yang ada di rumah sakit yang harus diidentifikasi untuk menentukan tingkat resiko sebagai tolak ukur kemungkinan terjadinya kecelakaan atau penyakit akibat kerja. Radiasi sinar-X adalah salah satu radiasi pengion yang dimanfaatkan di rumah sakit. Meskipun penggunaan sinar-X untuk diagnosa sangat menguntungkan tetapi juga menimbulkan gangguan kesehatan, tidak hanya bagi pasien dan tenaga medis, risiko ini juga membahayakan pengunjung rumah sakit tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak dari paparan radiasi sinar-X bagi tubuh manusia. Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur dengan pendekatan kualitatif yang akan diuraikan secara deskriptif. Data yang digunakan merupakan kajian dari artikel ilmiah, makalah, prosiding, serta buku yang sesuai dengan fokus penelitian. Radiasi sinar-X pada tubuh manusia dapat berdampak pada beberapa hal antara lain: kerusakan biologis, perubahan jumlah limfosit, gangguan pada gigi dan mulut, meningkatkan resiko leukimia pada anak-anak, kanker payudara dan gangguan ovarium pada perempuan, adanya reaksi dan penyakit kulit pada pekerja, hingga menimbulkan kematian pada embrio/janin pada ibu hamil. Sehingga dalam praktik medis, diperlukan pertimbangan akurat dalam penggunaan radiasi sinar-X.

Kata kunci: Radiasi, Sinar-X, Tubuh Manusia

1. PENDAHULUAN

Radiasi adalah pancaran energi melalui suatu materi atau ruang dalam bentuk panas, partikel, atau gelombang elektromagnetik (foton) dari suatu sumber energi (Sutapa, 2016). Radiasi pengion adalah setiap radiasi yang mampu menghasilkan ion oleh interaksi dengan materi seperti sel pada tubuh manusia (Ernawidiati, 2017). Radiasi sinar-X adalah salah satu radiasi pengion yang berkembang pesat dan dimanfaatkan dalam berbagai bidang, mulai bidang kesehatan sampai bidang industri.

Bidang kesehatan dan kedokteran adalah salah satu bidang yang berkembang pesat dengan ditemukannya sinar-X. Pemanfaatan sinar-X di bidang kedokteran ini telah cukup beragam

mulai dari proses diagnosis penyakit pasien, pemeriksaan sinar-X gigi, dan radiasi sinar-X untuk terapi. Radioterapi adalah suatu pengobatan yang menggunakan sinar pengion yang banyak digunakan untuk menangani penyakit kanker. Alat diagnosis yang umum digunakan di daerah adalah pesawat sinar-X sebagai foto ronsen yang berfungsi untuk foto toraks, tulang tangan, kaki dan organ tubuh yang lainnya (Yunus, 2019).

Penggunaan sinar-X untuk diagnosa sangat menguntungkan karena dapat mengetahui keadaan dalam tubuh tanpa pembedahan maupun pembelahan dari pasien. Di samping itu sinar-X memiliki beberapa keuntungan antara lain:

1. Mendiagnosa sesuatu dalam jangka yang relatif pendek
2. Non invasiva (tanpa pembedahan atau operasi)
3. Mempunyai efek yang relatif kecil terhadap operator maupun pasien
4. Dapat mendiagnosa seluruh tubuh manusia

Keadaan tubuh dari pasien yang dilakukan penyinaran terhadap sinar-X dapat dilihat dari hasil citra pada film, sehingga akan memberikan informasi yang akurat mengenai keadaan tubuh yang sebenarnya (Anwar, 2011).

Disamping bermanfaat sinar-X juga menimbulkan gangguan kesehatan, tidak hanya bagi pasien dan tenaga medis, risiko ini juga membahayakan pengunjung rumah sakit tersebut (Fairusiyah, 2016). Berbagai dampak cepat atau lambat akan mempengaruhi kesehatan jika tubuh terpapar oleh radiasi .

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas dianggap penting untuk membahas lebih lanjut dari dampak radiasi sinar - x, sehingga diperlukan upaya untuk memperkecil kemungkinan terjadinya radiasi pada setiap radiografi, sehingga jurnal ini membahas mengenai dampak dari paparan radiasi sinar-X bagi tubuh manusia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur dengan pendekatan kualitatif yang akan diuraikan secara deskriptif. Metode studi literatur merupakan aktivitas yang berkaitan dengan membaca dan mencatat hasil dari pengumpulan data pustaka serta diolah untuk dijadikan sebagai bahan penelitian (Sari, 2021). Meskipun merupakan sebuah penelitian, penelitian dengan studi literatur tidak harus turun ke lapangan dan bertemu dengan responden. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian dapat diperoleh dari sumber pustaka atau dokumen. Selain data, beberapa hal yang harus ada dalam sebuah penelitian supaya dapat dikatakan ilmiah, juga memerlukan hal lain seperti rumusan masalah, landasan teori, analisis data, dan pengambilan kesimpulan. penelitian dengan studi literatur adalah penelitian yang persiapannya sama dengan penelitian lainnya akan tetapi sumber dan metode pengumpulan data dengan mengambil data di pustaka, membaca, mencatat, dan mengolah bahan penelitian.

Tujuan penggunaan literatur pada penelitian kualitatif adalah menempatkan hasil-hasil temuan dari penelitian-penelitian terdahulu dalam konteks berbagai temuan yang baru saja ditemukan. Namun, hal ini tidak berarti melakukan konfirmasi secara mendalam terhadap hasil-hasil temuan penelitian terdahulu (Afiyanti, 2005). Variabel pada penelitian studi literatur bersifat tidak baku. Data yang diperoleh dianalisis secara mendalam oleh penulis. Data-data yang diperoleh dituangkan ke dalam sub bab-sub bab sehingga menjawab rumusan masalah penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Akhadi (1997), berdasarkan proses berlangsungnya ada dua jenis penyinaran terhadap tubuh manusia yaitu:

1. Efek biologi seketika, yaitu efek yang kemunculannya kurang dari satu tahun sejak terjadinya penyinaran. Penyinaran akut melibatkan dosis tinggi.

2. Efek tertunda yaitu penyinaran oleh eadiasi dosis rendah namun berlangsung terus menerus. Penyinaran ini biasanya tidak segera menampilkan efeknya.

Efek biologis radiasi pada manusia dapat terjadi pada individu yang terkena radiasi tersebut (efek somatik) ataupun keturunannya (efek herediter/genetik). Efek somatik dibagi menjadi efek non stotastik (deterministik) dan efek stokastik, sedangkan efek genetik semuanya bersifat stokastik.

Efek deterministik adalah efek kerusakan pada tubuh manusia yang terpapar radiasi yang pasti akan terjadi bila dosis radiasi yang diterima tinggi. Terdapat hubungan jelas antara derajat keparahan penyakit dan dosis, sehingga dapat diatur dosis radiasi yang aman dari efek deterministik ini. Sebagai contoh adalah kemerahan pada kulit dan pembentukan katarak. Keperahan efek ini sesuai / proporsional dengan dosis yang diterima. Efek ini memiliki ambang rangsang yang apabila belum dilewati tidak akan menimbulkan efek pada tubuh. Agar efek non stokastik ini tidak terjadi diperlukan nilai batas dosis seluruh jaringan tubuh (Bapeten, 2005).

Efek deterministik dapat berupa kerusakan non malignan kulit, erythema kulit (kulit merah) karena teerpapar radiasi sebesar 3.000 ± 6.000 mSv, atau kerontokan rambut yang disebabkan oleh paparan radiasi sebesar 6.000 ± 12.000 mSv, kerusakan sistem hematopoietik sumsum tulang yang mengakibatkan kelainan darah dan kerusakan sel kelamin yang juga mengakibatkan kemandulan, dan katarak pada lensa mata serta sindrom radiasi. Kemunculan efek ini juga ditandai dengan munculnya keluhan baik umum maupun lokal. Keluhan umum berupa: nafsu makan berkurang, mual, lesu, lemah, demam, keringat berlebihan hingga menyebabkan shock. Beberapa saat kemudian timbul keluhan yang lebih khusus yaitu nyeri perut, rambut rontok, shock bahkan kematian. Sedangkan keluhan lokal yang biasa muncul adalah erythema kulit, pedih, gatal, bengkak, melepuh, memborok, dan kerontokan rambut kulit. Beberapa efek deterministik lainnya yang dapat muncul akibat paparan radiasi dosis tinggi pada manusia adalah:

- a. Penerimaan dosis radiasi 100.000 mSv (100 KmSv) mengakibatkan kerusakan sistem saraf pusat yang diikuti dengan kematian setelah beberapa jam.
- b. Penyinaran dosis radiasi 10 ± 50 mSv mengakibatkan kerusakan saluran pencernaan dan dapat mengakibatkan kematian $1 - 2$ minggu.
- c. Dosis radiasi 3 ± 5 mSv mengakibatkan kerusakan pada organ pembentukan sel darah merah pada sumsum tulang belakang yaitu dengan kematian setelah 1 ± 2 bulan.
- d. Efek somatik pada organ reproduksi adalah terganggunya produksi sperma pada pria dan kerusakan ovum pada wanita sehingga mengakibatkan kemandulan.
- e. Radiasi dapat mengakibatkan kerusakan pada lensa mata sehingga mengakibatkan katarak dengan dosis 2 ± 5 mSv.

Pada efek non stokastik (deterministik) diatas dipengaruhi oleh nilai ambang batas tertentu. Nilai ambang batas merupakan Dosis radiasi yang diterima oleh seseorang dalam menjalankan suatu kegiatan yang tidak boleh melebihi batas dosis yang ditetapkan. International Committee Radiation Protection (ICRP) mendefenisikan nilai batas dosis adalah dosis yang diterima dalam jangka waktu tertentu atau dosis yang berasal dari penyinaran intensif seketika, yang menurut tingkat pengetahuan dewasa ini memberikan kemungkinanyang dapat diabaikan tentang terjadinya cacat somatik gawat atau cacat genetik (Akhadi, 2000).

Efek stokastik adalah efek yang dapat terjadi. Efek stokastik dapat terjadi meskipun dalam batas radiasi yang telah direkomendasikan Berkaitan dengan paparan dosis rendah yang dapat muncul pada manusia dalam bentuk kanker (kerusakan somatik) atau cacat pada keturunan (Kerusakan genetik). Yang dimaksud radiasi dosis rendah dosis radiasi dari $0,25$ sampai dengan 1.000 mSv. Kemunculannya bersifat random dan ditentukan oleh efek probabilitas;

dosiradiasi minimal pun memiliki efek stokastik dalam meningkatkan potensi tumor dan kerusakan genetik. Setiap paparan radiasi ionisasi memiliki kemungkinan untuk terjadinya efek stokastik. Dikatakan juga efek somatik ini dapat terjadi setelah beberapa tahun kemudian, yang disebut efek tertunda. Semakin kecil dosis radiasi, semakin rendah probabilitas kerusakan sel yang terjadi. Oleh sebab itu, tidak ada nilai ambang sejati yang dapat menjamin pajanan sinar X benar-benar aman. Jadi efek ini adalah all or none, dapat mengalami efek ini atau tdk sama sekali.

Contoh efek stokastik yaitu leukimia dan beberapa neoplasma. Efek kerusakan ini dapat terjadi bila tubuh terpapar radiasi oleh dosis radiasi sebesar apapun. Contoh lain yang berbahaya adalah kanker dan kelainan genetik. Efek genetik stokastik terjadi akibat radiasi pada organ reproduksi dapat merusak DNA sel dalam sperma dan sel telur. Kerusakan ini dapat terjadi berupa abnormalitas kongenital pada keturunan individu yang teradiasi. Efek ini tidak memiliki dosis ambang rangsang, jadi tidak ada kepastian bahwa efek ini akan terjadi atau tidak, dan oleh sebab itu efek genetik termasuk efek stokastik.

Berdasarkan data UNSCEAR, paparan radiasi 95% bersumber dari radiasi buatan manusia, terutama kegiatan diagnosis. Berikut beberapa efek - efek paparan radiasi sinar - x bagi tubuh manusia:

1. Efek kerusakan biologis akibat radiasi sinar - X

Efek merugikan tersebut berupa kerontokan rambut dan kerusakan kulit. Sifat biologik dari sinar ini baru terlihat sewaktu kulit berwarna akibat penyinaran. Gangguan kesehatan akibat dari paparan radiasi bermula dari interaksi antara radiasi pengion dengan sel maupun jaringan tubuh manusia, sehingga sel - sel mengalami perubahan struktur dari struktur normal semula. Kelainan biologis akibat sinar Roentgen pada tingkat dini hanya sekedar perubahan warna kulit dan merontokkan rambut, namun dalam dosis yang tinggi menimbulkan tumor ganas pada kulit atau kanker kulit.

2. Efek radiasi pada rongga mulut dan gigi

Pada membran mukosa mulut:

Membran mukosa mulut termasuk sel sensitif. Setelah beberapa waktu, timbul kemerahan dan inflamasi. Mukosa mulut pecah-pecah dan terbentuk "Pseudomembran" yang memudahkan terjadinya infeksi sekunder.

Pada alat pengecap:

"Taste Buds" termasuk organ yang sensitif -- radiasi ionisasi menyebabkan terjadinya degenerasi luas penderita kehilangan kemampuan pengecap; ini juga disebabkan oleh perubahan produksi saliva.

Pada kelenjar ludah:

Dengan dosis radiasi 20-30Gy. Misalnya pada terapi kanker mulut dan orofarings, sekresi saliva sangat berkurang (terjadi Xerostomia) kesulitan menelan disertai rasa sakit.

Efek dosis terapi radiasi pada gigi:

Gigi yang telah erupsi cenderung mengalami kerusakan akibat radiasi pada daerah rongga mulut, meskipun kerusakannya baru tampak beberapa tahun setelah radiasi dengan manifestasi berupa destruksi substansi gigi yang disebut karies radiasi dan dimulai pada servikal gigi, lesi demineralisasi yang lebih daripada karies pada umumnya. Kerusakan jaringan keras gigi mengakibatkan karies. Efek radiasi tidak langsung terjadi setelah pembentukan gigi dan erupsi gigi normal berada dalam rongga mulut, kemudian terkena radiasi ionisasi, maka akan terlihat kelainan gigi tersebut misalnya karies radiasi. Biasanya karies radiasi terjadi pada beberapa gigi bahkan seluruh region yang terkena pancaran sinar radiasi. Keadaan ini disebut rampan karies radiasi, terjadi setelah mengabsorpsi dosis radiasi 5.000 R.

Sedangkan efek radiasi langsung terjadi paling dini dari benih gigi berupa gangguan kalsifikasi benih gigi, gangguan perkembangan benih gigi, dan gangguan erupsi gigi. Stafne dan Bruce (1950) melaporkan bahwa dosis terapi radiasi dapat menyebabkan kerusakan benih gigi, sehingga menimbulkan: agenesis, kalsifikasi prematur, erupsi prematur, delayed eruption gigi susu, gangguan urutan erupsi, bentuk gigi tetap tidak normal, kelainan bentuk akar gigi dsb.

1. Efek radiasi pada anak - anak

Pada umumnya terjadi bintik kemerahan di kulit, kerontokan rambut, serostomia, gangguan perkembangan benih gigi, papila, fungiformis. Dan dalam waktu lama bisa meningkatkan resiko terserang leukimia. Paparan terhadap tiga kali atau lebih sinar-x di masa kanak-kanak meningkatkan kemungkinan seorang anak menderita penyakit leukemia sebanyak dua kali lipat, meskipun risiko secara keseluruhan masih kecil. Risiko seorang anak akan meningkat sekitar 1,85 kali lebih tinggi mengidap leukemia jika mereka telah terpapar sebanyak tiga kali atau lebih radiasi sinar-x.

2. Efek radiasi pada perempuan

Faktanya bahwa banyak wanita mengalami penyakit yang membutuhkan diagnosa dan penanganan yang cepat untuk diagnosa penyakit termasuk penggunaan sumber radiasi pengion. Sedangkan pada perempuan, efek radiasi yang bisa terjadi yaitu menyebabkan kanker payudara, kandung kemih, dan ovarium. Ini disebabkan karena terpaparnya sinar berlebih.

3. Efek radiasi pada pekerja

Tingginya penggunaan radiasi untuk kegiatan medis menjadikan kegiatan medis merupakan kontribusi kedua terbesar sumber radiasi yang kita terima, yaitu sebesar 20%. Pekerja yang berhubungan dengan radiasi di rumah sakit seperti dokter Spesialis Radiologi, petugas Proteksi Radiologi, Radiografer, teknik radiodiagnostik dan radioterapi.

Radiasi yang berlebih dapat menyebabkan reaksi dan penyakit pada kulit berupa kerontokan rambut dan kerusakan kulit, gangguan fungsi normal (seperti pneumonitis radiasi), efek karsinogenesis, dan efek genetik. Pada dasa warsa pertama dan kedua sejak penemuan sinar X, barulah diketahui puluhan ahli radiologi menjadi korban sinar roentgen ini. Korbannya adalah dr. Max Herman Knoch, menderita nekrosis pada hampir seluruh lengan kiri dan kanannya yang kemudian menjelma menjadi kanker kulit yang meluas sampai keparu-paru. Korban lainnya adalah Albers Schonberg, Cadwell, Friedlander, Hozkenwcht, Bergonie, Irene Currie, dan lain-lain. Umumnya korban yang jatuh diakibatkan kesalahan prosedur pengoperasian alat dan kalibrasi. Oleh karena itu, pelayanan radiologi harus memperhatikan aspek keselamatan kerja radiasi.

4. Efek radiasi pada ibu hamil

Wanita hamil adalah termasuk dalam kelompok manusia yang sangat beresiko jika mendapat paparan radiasi diatas nilai batas dosis. diagnostik sebelum kehamilan sehingga pemeriksaan radiodiagnostik pada masa kehamilan dapat memberikan efek biologis terhadap perkembangan janin (Ofori et al. 2013; Abdallah et al. 2015). Wanita memiliki risiko yang tinggi terhadap paparan radiasi ionisasi yang dihasilkan oleh prosedur medis, area kerja paparan radiasi, dan pemeriksaan seperti gross congenital malformation, mental retardation, kematian sebelum proses kelahiran, spontaneous abortion, pertumbuhan yang menjadi terbatas di dalam kandungan (intrauterine growth limitation), ukuran kepala yang kecil (small head size), malformasi organ dan kanker pada usia kanak - kanak juga kematian zigot ataupun embrio pada tahap embionik stage (Xie and Zaidi 2014; Chaparian and Aghabageri 2013; Atarod et al. 2012).

Musa, et al, menunjukkan paparan dosis radiasi 100 mGy pada ibu hamil usia gestasi 2 minggu dapat menimbulkan kematian embrio; dosis radiasi 5000 mGy menimbulkan 100% kematian embrio atau fetus di bawah usia gestasi 18 minggu. Penelitian tersebut juga menunjukkan penurunan IQ pada fetus yang terkena radiasi, khususnya dosis tinggi. Dosis radiasi di bawah 50 mGy tidak terdeteksi menimbulkan efek kesehatan pada fetus. Pada dosis 50 - 100mGy dapat ditemukan efek signifikan pada usia gestasi 8-25 minggu. Pemeriksaan di atas 100 mGy tidak boleh pada ibu hamil meskipun fluoroskopi, barium enema, dan radioterapi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, radiasi sinar-X pada tubuh manusia dapat berdampak pada efek biologis. Efek biologis radiasi pada manusia dapat terjadi pada individu yang terkena radiasi tersebut (efek somatik) ataupun keturunannya (efek hereditif/genetik). Efek somatik dibagi menjadi efek non stotastik (deterministik) dan efek stokastik, sedangkan efek genetik semuanya bersifat stokastik. Efek-efek paparan radiasi sinar - x bagi tubuh manusia antara lain:

- a. Efek biologis berupa kerontoksn rambut dan kerusakan kulit
- b. Mukosa mulut pecah-pecah dan terbentuk “Pseudomembran”, kehilangan kemampuan pengecap, sekresi saliva sangat berkurang (terjadi Xerostomia) kesulitan menelan disertai rasa sakit, rampant karies radiasi pada gigi, dan kerusakan benih gigi
- c. Meningkatkan kemungkinan seorang anak menderita penyakit leukemia sebanyak dua kali lipat
- d. menyebabkan kanker payudara, kandung kemih, dan ovarium pada perempuan
- e. pada pekerja, terjadi reaksi dan penyakit pada kulit berupa kerontokan rambut dan kerusakan kulit, gangguan fungsi normal (seperti pneumonitis radiasi), efek karsinogenesis, dan efek genetic
- f. menimbulkan kematian embrio pada ibu hamil.

5. SARAN

Pemilihan pemeriksaan penunjang radiasi dalam praktik medis perlu pertimbangan akurat. Penelitian harus berfokus terhadap teknologi penggunaan radiasi yang kecil dengan kualitas gambar yang baik. Dosis radiasi harus dalam dosis yang dianjurkan. Proteksi radiasi dilakukan terhadap pasien, staf, serta radiologis sendiri. Proteksi radiasi yang terbaik adalah menaati indikasi pemeriksaan dengan tepat, mengurangi jumlah pemeriksaan seminimal mungkin, dan sedapat mungkin memilih modalitas pencitraan yang tidak memerlukan radiasi

DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah., Ibrahim., Elshikh, M. (2015). Effect of Radiation on Pregnancy. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*. 7(5), 98-101.
- Afiyanti, Yati. (2005). Penggunaan Literatur Dalam Penelitian Kualitatif. *Jurnal Keperawatan Indonesia*, 9 (1), 32-35.
- Anwar, Edi Daenuri. (2011). Sistem Prioteksi Radiasi: Analisis Terhadap Bidang Radiologi Rumah Sakit. *Jurnal Phenomenon*, 1 (1), 47-63.
- Bandu, Karmila. (2014). Efek Radiasi Sinar-X Pada Anak-Anak. Skripsi. Retrieved from <https://adoc.pub/efek-radiasi-sinar-x-pada-anak-anak.html>
- Ernawidiarti., Malaka, T., Novrikasari. (2017). Analisis Faktor Risiko Paparan Radiasi Sinar X Terhadap Perubahan Jumlah Limfosit Pada Radiografer Di Kota Palembang. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 4 (1). 1-7.

- Fairusiyyah, Nabilah, Baju Widjasena, & Ekawati. (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.
- Hilda, N. R., Zahwa, N., Astuti, T. K., Weryani, W., Prasetyawati, Y., Zulkardi. (2022). Studi Literatur: Implementasi Merdeka Belajar Dalam Meningkatkan Mutu Pembelajaran Matematika Selama Pandemi. *Jurnal Ilmiah Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan*. 9 (1), 110-119.
- Kiswanjaya, B., & Iskandar, H. H. B. (2018). Pembelajaran Fisika dan Biologi Radiasi. Retrieved from https://staff.ui.ac.id/system/files/users/bramma.kiswanjaya/publication/4.1_pembelajaran_fisika_dan_biologi_radiasi.pdf
- Maslebu, G., Muninggar, J., & Hapsara, S. A. (2017). Estimasi Resiko Radiasi Janin pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis. *Jurnal Fisika FLUX*. 14 (1). 1-7.
- Reginald Maleachi & RicardoTjakraatmadja. (2018). Pencegahan Efek Radiasi pada Pencitraan Radiologi. *Jurnal : CDK*, Vo. 45, No. 7. Hal 537 – 539
- Samosir, H., & Ilyas, S. (2013). Pengaruh Paparan Radiasi Terhadap Petugas Brachytherapy Di Rumah Sakit Umum Pusat Haji Adam Malik. *Jurnal Sainia Fisika*, 1 (1). 1-12.
- Xie, T., & Zaidi, H. (2014). Foetal and Maternal Absorbed Dose Estimates for Positron-Emitting Molecular Imaging Probes. *The Journal of Nuclear Medicine*, 55(9).