

# Pengaruh Penggunaan Phantom dalam Pengukuran Paparan Radiasi Sinar-X untuk Proteksi Radiasi

Farida Wahyuni\*, Sri Sugiarti

Institut Teknologi Kesehatan Malang Widya Cipta Husada

e-mail: [fwahyuni77@gmail.com](mailto:fwahyuni77@gmail.com)

## Abstrak

Paparan radiasi merupakan penyinaran radiasi yang diterima oleh manusia atau materi yang berasal dari radiasi internal maupun eksternal. Radiasi memiliki efek yang berbahaya bagi manusia, maka sangat penting untuk mengetahui tentang dosis radiasi, khususnya paparan radiasi. Penelitian ini untuk meminimalisir efek bahaya radiasi yang akan timbul seperti efek stokastik. Desain penelitian menggunakan eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Perlakuan pada penelitian ini adalah dengan memvariasikan nilai miliampere (mA) dan second (s) atau (mAs) dengan variasi 50 mA, 100 mA, 200 mA, 250 mA, 500 mA dan 1 sec, 0.5 sec, 0.25 sec, 0.2 sec, 0.1 sec sehingga menghasilkan nilai sebesar 50 mAs. Perlakuan pada penelitian dibagi menjadi dua bagian yaitu eksposi dengan menggunakan phantom dan tanpa phantom pada titik A, B, C, dan D. Kesimpulan berdasarkan penelitian didapatkan nilai paparan radiasi sekunder tertinggi pada titik A tanpa phantom dengan nilai akumulasi paparan radiasi sekunder dalam satu tahun pada 50 mA dan 1 detik sebesar  $15,76 \times 10^{-3}$  mSv/tahun dan nilai akumulasi paparan radiasi sekunder tertinggi pada titik C dengan menggunakan phantom pada 50 mA dan 1 detik sebesar  $115,92 \times 10^{-3}$  mSv/tahun. Dari data tersebut terlihat nilai paparan radiasi sekunder dengan menggunakan phantom mempunyai nilai lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan phantom. Hal itu dikarenakan adanya radiasi hambur yang dihasilkan dari phantom, semakin tebal materi maka semakin besar pula radiasi hamburnya.

**Kata Kunci**— Pengukuran; Paparan Radiasi; Phantom

## 1. PENDAHULUAN

Sinar-X adalah salah satu bentuk dari radiasi elektromagnetik dengan frekuensi berkisar dari  $10^{16}$  sampai  $10^{20}$  Hz dan panjang gelombang berkisar dari  $10^{-9}$  sampai  $10^{-6}$  m (Evcin *et al.*, 2017; Wiharja and Al Bahar, 2019; Hadinata and Rupiasih, 2020; Sukmawati, Ariantto and Hidayanto, 2022). Sinar-X mempunyai energi berkisar dari  $10^3$  sampai  $10^6$  eV (Maslebu, Muninggar and Hapsara, 2017; Wahyuni *et al.*, 2020). Sinar-X umumnya digunakan dalam diagnosis gambar medis dan kristalografi sinar-X (Dianasari and Koesyanto, 2017; Behling, 2018). Radiasi sinar-X dipengaruhi oleh tegangan tabung (kV), kuat arus pada filament (mA) dan waktu eksposi (s) (Fahmi, Firdausi and Budi, 2008; Setiyawan, Sutanto and Sofjan Firdausi, 2015; Wahyuni *et al.*, 2022). Dimana fungsi kuat arus pada filamen untuk membentuk awan-awan elektron yang akan dipercepat menumbuk target (anoda) sedangkan fungsi waktu eksposi (s) adalah lamanya waktu pemaparan saat eksposi.

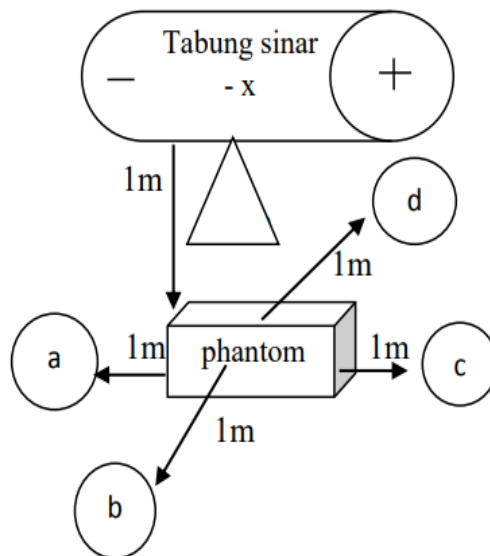
Pengukuran paparan radiasi menggunakan dua metode yaitu menggunakan phantom dan tanpa menggunakan phantom. Phantom berfungsi sebagai perwakilan dari bagian tubuh yang akan diperiksa. Phantom yang digunakan dalam penelitian ini berupa bak berisi air, karena 70% tubuh manusia terdiri dari air. Efek radiasi sinar-X diantaranya yaitu efek deterministik dan efek stokastik. Efek deterministik adalah efek yang disebabkan karena kematian sel akibat paparan radiasi. Efek stokastik adalah efek yang terjadi akibat paparan radiasi dengan dosis yang menyebabkan terjadinya perubahan sel (Alatas, 2006; Samosir and Ilyas, 2012; Woroprosari, 2016). Pemanfaatan radiasi harus memenuhi prinsip kesehatan dan keselamatan yang sering disebut asas proteksi radiasi, yang terdiri dari asas justifikasi (*justification of practices*), limitasi (*dose limitation*), dan optimisasi (*optimization of protection and safety*) (Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2012).

Berdasarkan keputusan BAPETEN tersebut, penerapan asas justifikasi dalam pemanfaatan radiasi adalah dengan menganalisis manfaat yang ditimbulkan setelah radiasi digunakan. Penerapan asas limitasi menuntut agar penerimaan dosis radiasi oleh seseorang tidak boleh melampaui NBD yang ditetapkan oleh Badan Pengawas. Penerapan asas optimisasi menuntut agar paparan yang diterima seseorang harus ditekan serendah-rendahnya agar akumulasi dosis radiasinya tidak melampaui batas yang diizinkan (Akhadi, 2005; Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia, 2020).

Pemerintah Indonesia melalui BAPETEN sudah menetapkan standar proteksi radiasi melalui peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2020 tentang Pelayanan Radiologi Klinik dan peraturan BAPETEN No.4 Tahun 2020 tentang Keselamatan Radiasi pada Penggunaan Pesawat Sinar-X dalam Radiologi Diagnostik dan Intervensional. Berdasarkan peraturan BAPETEN No.4 Tahun 2020, salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proteksi radiasi adalah nilai batas dosis (NBD). Nilai batas dosis untuk pekerja radiasi tidak boleh melampaui 20 mSv (millisievert) per tahun rata-rata selama 5 tahun berturut-turut dan 50 mSv dalam 1 tahun tertentu, sedangkan NBD untuk anggota masyarakat tidak boleh melampaui 1 mSv dalam 1 tahun (Wulandari, Putu and Kusman, 2023). Dengan demikian maka perlunya pengukuran radiasi sekunder untuk menekan atau meminimalisir dosis radiasi yang diterima oleh pekerja medis, pasien dan masyarakat umum. Sehingga bahaya radiasi atau efek-efek buruk bagi kesehatan bisa lebih diminimalkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya adalah phantom, pesawat sinar-X, surveymeter, meteran, kamera, mini tripod dan alat tulis. Adapun skema titik pengukuran ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema titik pengukuran

Keterangan:

- titik A searah dengan *anoda tube*
- titik B searah dengan depan *tube*
- titik C searah dengan katoda *tube*
- titik D searah dengan belakang *tube*
- phantom berupa bak berisi air
  - volume bak: 10L
  - di isi air: 2,5L

Pada penelitian ini surveymeter disiapkan dengan cara memutar panel surveymeter ke arah skala 200 dengan faktor kalibrasi 1,07. Setelah itu dipilih pengukuran yang diinginkan. Nilai dosis diketahui dengan memilih mSv dengan memutar panelnya dan jika untuk mengetahui rentang dosis maka putar panel ke arah mSv/jam atau putar panel ke arah  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Dengan begitu surveymeter dapat digunakan. Prosedur pengukuran yang pertama yaitu pesawat sinar-X sudah dalam keadaan *warmed up* dan sudah digunakan untuk melayani pasien. Jarak antara tabung sinar-X dan meja diatur sejauh 100 cm. Kolimasi dibuka sebesar 20 x 20 cm kemudian dari sisi terluar kolimasi diukur jaraknya sejauh 100 cm. Kemudian surveymeter diletakkan pada tempat tersebut. Selanjutnya phantom diletakkan di bawah tabung sinar-X dan dilakukan pengukuran paparan radiasi. Mini tripod dan kamera disiapkan untuk merekam hasil pengukuran, langkah ini bertujuan untuk proteksi radiasi terhadap peneliti. Eksposi dilakukan dengan menggunakan phantom dan tanpa phantom pada titik A, B, C dan D dengan variasi faktor eksposi sebagai berikut : tegangan tabung 60 kV (konstan), jarak 100 cm (konstan), kuat arus mulai dari 50 mA, 100 mA, 200 mA, 250 mA dan 500 mA, sedangkan waktu 1 s, 0,5 s, 0,25 s, 0,2 s dan 0,1 s. Jeda waktu antara masing– masing eksposi tidak boleh lebih dari 1 menit, setiap kali eksposi dicatat hasil pengukuran dengan surveymeter, dan yang terakhir jarak penyinaran dan tegangan tabung (kV) dipastikan nilainya tetap.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran paparan radiasi sekunder dilakukan dengan menggunakan phantom dan tanpa menggunakan phantom. Data nilai paparan radiasi sekunder didapatkan dengan metode tanpa menggunakan phantom dan menggunakan phantom pada 4 titik yaitu titik A (anoda tube), B (depan tube), C (katoda tube) dan D (belakang tube). Hasil pengukuran paparan radiasi ditunjukkan pada Tabel 1-Tabel 4.

Tabel 1. Hasil pengukuran paparan radiasi pada titik A (anoda tube) tanpa dan dengan menggunakan phantom

| No | Kuat arus (mA) | Waktu (s) | Dosis radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/h) |                | Paparan radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/y) |                |
|----|----------------|-----------|--|----------------|--|----------------|
|    |                |           | Tanpa Phantom                          | Dengan Phantom | Tanpa Phantom                            | Dengan Phantom |
| 1  | 50             | 1         | 1,82                                   | 6,05           | 15,76                                    | 52,47          |
| 2  | 100            | 0,50      | 2,84                                   | 6,63           | 12,29                                    | 28,74          |
| 3  | 200            | 0,25      | 3,96                                   | 8,24           | 8,59                                     | 17,85          |
| 4  | 250            | 0,20      | 3,96                                   | 9,26           | 6,86                                     | 16,04          |
| 5  | 500            | 0,10      | 3,91                                   | 8,99           | 3,38                                     | 7,79           |

Tabel 2. Hasil pengukuran paparan radiasi pada titik B (depan tube) tanpa dan dengan menggunakan phantom

| No | Kuat arus (mA) | Waktu (s) | Dosis radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/h) |                | Paparan radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/y) |                |
|----|----------------|-----------|--|----------------|--|----------------|
|    |                |           | Tanpa Phantom                          | Dengan Phantom | Tanpa Phantom                            | Dengan Phantom |
| 1  | 50             | 1         | 1,28                                   | 13,11          | 11,13                                    | 113,59         |
| 2  | 100            | 0,50      | 2,00                                   | 15,73          | 8,68                                     | 68,16          |
| 3  | 200            | 0,25      | 4,07                                   | 20,49          | 8,81                                     | 44,39          |
| 4  | 250            | 0,20      | 4,28                                   | 21,03          | 7,42                                     | 36,44          |
| 5  | 500            | 0,10      | 3,85                                   | 18,24          | 3,34                                     | 15,81          |

Tabel 3. Hasil pengukuran paparan radiasi pada titik C (katoda tube) tanpa dan dengan menggunakan phantom

| No | Kuat arus (mA) | Waktu (s) | Dosis radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/h) |                | Paparan radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/y) |                |
|----|----------------|-----------|--|----------------|--|----------------|
|    |                |           | Tanpa Phantom                          | Dengan Phantom | Tanpa Phantom                            | Dengan Phantom |
| 1  | 50             | 1         | 0,91                                   | 13,38          | 7,88                                     | 115,92         |
| 2  | 100            | 0,50      | 1,87                                   | 14,02          | 8,11                                     | 60,74          |
| 3  | 200            | 0,25      | 4,01                                   | 18,91          | 8,69                                     | 41,03          |
| 4  | 250            | 0,20      | 4,12                                   | 18,94          | 7,14                                     | 32,83          |
| 5  | 500            | 0,10      | 3,75                                   | 20,8           | 3,25                                     | 17,67          |

Tabel 4. Hasil pengukuran paparan radiasi pada titik D (belakang tube) tanpa dan dengan menggunakan phantom

| No | Kuat arus (mA) | Waktu (s) | Dosis radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/h) |                | Paparan radiasi $\times 10^{-3}$ (mSv/y) |                |
|----|----------------|-----------|--|----------------|--|----------------|
|    |                |           | Tanpa Phantom                          | Dengan Phantom | Tanpa Phantom                            | Dengan Phantom |
| 1  | 50             | 1         | 1,49                                   | 9,15           | 12,98                                    | 79,28          |
| 2  | 100            | 0,50      | 2,62                                   | 10,17          | 11,36                                    | 44,05          |
| 3  | 200            | 0,25      | 4,38                                   | 12,84          | 9,50                                     | 27,82          |
| 4  | 250            | 0,20      | 4,44                                   | 13,16          | 7,69                                     | 22,81          |
| 5  | 500            | 0,10      | 4,00                                   | 13,11          | 3,66                                     | 11,36          |

Sesuai dengan keputusan BAPETEN, batas dosis untuk pekerja jika dikalikan dengan waktu dan masa kerja selama 1 tahun sebesar 50 mSv/tahun dan untuk masyarakat sekitar sebesar 5 mSv/tahun (Sjafruddin, 2018; Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia, 2020; Pratiwi, Indriyani and Yunawati, 2021). Dalam penelitian ini menggunakan tegangan tabung sinar-X sebesar 60 kV dan menggunakan arus-waktu sebesar 50 mAs, dengan variasi kuat arus 50 mA, 100 mA, 200 mA, 250 mA dan 500 mA. Maka pekerja medis (radiografer) yang kurang lebih memiliki waktu kerja selama 26 hari dalam 1 bulan dan eksposi kurang lebih 10 kali dalam sehari didapatkan nilai paparan radiasi (D) dalam 1 tahun dengan menggunakan persamaan (1).

$$D = \frac{\text{waktu}}{3600} \times D^0 \times 10 \times 260 \times 12 \quad \text{dimana } D = \text{paparan radiasi dalam 1 tahun (mSv/y)} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan (1), paparan radiasi sekunder dalam satu tahun didapatkan nilai paparan radiasi sekunder tertinggi tanpa menggunakan phantom pada titik A (anoda) tube dengan 50 mA dan 1 detik sebesar  $15,76 \times 10^{-3}$  mSv/tahun sedangkan paparan radiasi terendah didapat di titik C (depan) tube dengan 500 mA dan 1 detik sebesar  $3,25 \times 10^{-3}$  mSv/tahun. Sedangkan paparan radiasi sekunder tertinggi menggunakan phantom pada titik C (depan) tube dengan 50 mA dan 1 detik sebesar  $115,92 \times 10^{-3}$  mSv/tahun, sedangkan paparan radiasi terendah didapat di titik A (anoda) tube dengan 500 mA dan 1 detik sebesar  $7,79 \times 10^{-3}$  mSv/tahun. Oleh karena itu dari data yang didapatkan melalui pengukuran yang dilakukan dan setelah dikalikan dengan masa kerja selama satu tahun paparan radiasi sekunder pesawat sinar-X di ruangan dan lingkungan untuk pekerja, pasien dan masyarakat sekitar masih berada dibawah nilai ambang batas yang telah ditetapkan dengan nilai tertinggi  $115,92 \times 10^{-3}$  mSv/tahun. Sesuai dengan data yang diperoleh dari pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan maka ruang dan lingkungan sekitar Instalasi Radiologi aman untuk digunakan foto Rontgen. Dari hasil yang didapatkan terlihat perbedaan nilai paparan radiasi sekunder yang eksposi tanpa menggunakan phantom dan yang eksposi dengan menggunakan phantom. Hal ini disebabkan adanya radiasi hambur yang dihasilkan dari materi (phantom) yang dilewati oleh berkas sinar-X. Proses terjadinya hamburan disebabkan oleh interaksi radiasi dengan inti atom atau elektron orbital materi. Untuk memperkecil hamburan digunakan materi dengan nomor atom yang kecil. Pada pengukuran radioaktivitas radiasi, dapat terjadi hamburan radiasi oleh materi pendukung sumber.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan, bahwa terdapat perbedaan nilai paparan radiasi yang eksposi tanpa menggunakan phantom dan dengan menggunakan phantom. Hal ini disebabkan adanya radiasi hambur yang dihasilkan phantom yang dilewati oleh sinar-X. Paparan radiasi dalam satu tahun didapatkan nilai paparan radiasi tertinggi tanpa menggunakan phantom pada titik A (anoda tube) dengan 50 mA dan 1 detik sebesar  $15,76 \times 10^{-3}$  mSv/tahun sedangkan paparan radiasi terendah tanpa menggunakan phantom didapat di titik C (depan tube) dengan 500 mA dan 1 detik sebesar  $3,25 \times 10^{-3}$  mSv/tahun. Sedangkan paparan radiasi sekunder tertinggi menggunakan phantom pada titik C (depan tube) dengan 50 mA dan 1 detik sebesar  $115,92 \times 10^{-3}$  mSv/tahun, sedangkan paparan radiasi terendah menggunakan phantom didapat di titik A (anoda) tube dengan 500 mA dan 1 detik sebesar  $7,79 \times 10^{-3}$  mSv/tahun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. (2005) 'Mengoptimalkan Penggunaan Dosimeter Perorangan Di Medan Radiasi Campuran', *Buletin Alara*, 7(1), p. 241216.
- Alatas, Z. (2006) 'Efek Pewarisan Akibat Radiasi Pengion', *Buletin Alara*, 8(2), p. 242190.
- Behling, R. (2018) 'X-ray tubes development- IOMP history of medical physics', *MPI Journal - Special issue - History of medical Physics*, (1), pp. 8–55. Available at: <http://www.mpijournal.org/pdf/2018-SI-01/MPI-2018-SI-01-p08.pdf>.
- Dianasari, T. and Koesyanto, H. (2017) 'Penerapan Manajemen Keselamatan Radiasi Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit', *Unnes Journal of Public Health*, 6(3), p. 174. doi: 10.15294/ujph.v6i3.12690.
- Evcin, O. *et al.* (2017) 'Production of barite and boroncarbide doped radiation shielding polymer composite panels', *Acta Physica Polonica A*, 132(3), pp. 1145–1148. doi: 10.12693/APhysPolA.132.1145.
- Fahmi, A., Firdausi, K. S. and Budi, W. S. (2008) 'Pengaruh Faktor Eksposi Pada Pemeriksaan Abdomen Terhadap Kualitas Radiograf Dan Paparan Radiasi Menggunakan Computed Radiography', *Berkala Fisika*, 11(4), pp. 109-118–118.
- Hadinata, I. M. H. and Rupiasih, N. N. (2020) 'Monitoring the Absorption Dose of X-ray Radiation on the Thoracic Examination', *Buletin Fisika*, 21(1), p. 8. doi: 10.24843/bf.2020.v21.i01.p02.
- Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia (2020) 'Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2020 Tentang Keselamatan Radiasi Pada Penggunaan Pesawat Sinar-X Dalam Radiologi Diagnostik Dan Intervensional', pp. 1–52. Available at: <https://jdih.bapeten.go.id/unggah/dokumen/peraturan/1028-full.pdf>.
- Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional (2012) 'Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor : 020/KA/I/2012 Tentang Pedoman Penilaian Resiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Standar BATAN Bidang Administrasi, Manajemen dan Organisasi)', pp. 1–30. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/181609/perka-batan-no-020kai2012-tahun-2012>.
- Maslebu, G., Muninggar, J. and Hapsara, S. A. (2017) 'Estimasi Resiko Radiasi Janin pada Pemeriksaan Radiografi Pelvis', *Jurnal Fisika FLUX*, 14(1), p. 1. doi: 10.20527/flux.v14i1.3579.
- Pratiwi, A. D., Indriyani and Yunawati, I. (2021) 'Penerapan Proteksi Radiasi di Instalasi Radiologi Rumah Sakit', *Higeia Journal of Public Health Research and Development*, 5(3), pp. 409–420. Available at:

<https://jurnal.unsulbar.ac.id/index.php/saintifik>

<https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/higeia/article/view/41346/20238>.

- Samosir, H. and Ilyas, S. (2012) 'The effect radiation exposure to brachytherapy officer at General Hospital Haji Adam Malik', *The Effect Radiation Exposure to Brachytherapy Officer at General Hospital Haji Adam Malik . abstract*, pp. 5–6.
- Setiyawan, I., Sutanto, H. and Sofjan Firdausi, K. (2015) 'Penentuan Nilai Koefisien Serapan Bahan Pada Besi, Tembaga Dan Stainless Steel Sebagai Bahan Perisai Radiasi', *Youngster Physics Journal*, 4(2), pp. 219–224.
- Sjafruddin (2018) 'Keselamatan radiasi penanganan limbah radioaktif radiasi tinggi dari hotcell irm', *Jurnal Pengelolaan Instalasi Nuklir*, 11(20), pp. 37–50.
- Sukmawati, C. ., Arianto, F. and Hidayanto, E. (2022) 'Penentuan Dosis Serap Relatif Radiasi Sinar-X 2022', *Journal Berkala Fisika*, 25(1), pp. 7–13.
- Wahyuni, F. *et al.* (2020) 'The effect of delay time processing on exposure index in X-ray examination', *AIP Conference Proceedings*, 2296(November). doi: 10.1063/5.0030629.
- Wahyuni, F. *et al.* (2022) 'Bismuth Oxide Filled Polyester Composites for X-ray Radiation Shielding Applications', *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(4), pp. 3985–3990. doi: 10.15244/pjoes/146935.
- Wiharja, U. and Al Bahar, A. K. (2019) 'Analisa Uji Kesesuaian Pesawat Sinar-X Radiografi', *Jurnal.Umj.Ac.Id/Index.Php/Semnastek*, pp. 0–7.
- Woroprobosari, N. R. (2016) 'Efek Stokastik Radiasi Sinar-X Dental Pada Ibu Hamil Dan Janin', *ODONTO : Dental Journal*, 3(1), p. 60. doi: 10.30659/odj.3.1.60-66.
- Wulandari, D., Putu, I. and Kusman (2023) 'Evaluasi Implementasi Proteksi Radiasi Di Ruang Radiologi Intervensi Instalasi RIR RSUP Prof, Dr, I.G.N.G Ngoerah', *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(3), pp. 604–619.