



Evaluasi Variasi Faktor Eksposi Terhadap Dosis Paparan Radiasi Pada Pesawat Sinar-X Model E7242 di RSUD Madani Palu

(Evaluation of Variation of Exposure Factors on Radiation Exposure Doses on X-Ray Model E7242 in Madani Hospital, Palu)

I. H. Jamaluddin¹⁾*, Kasman¹⁾, H.M.D. Labania¹⁾, dan E.Sesa¹⁾

1) Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako

Info	Abstrak.
<p>Article history:</p> <p>Received: 6 Juni 2020</p> <p>Accepted: 28 Juni 2020</p> <p>Published: 30 Juni 2020</p>	<p>Telah dilakukan penelitian Evaluasi Variasi Faktor Eksposi Terhadap Dosis Paparan Radiasi Pada Pesawat Sinar-X Model E7242 di RSUD Madani Palu. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi faktor eksposi terhadap perubahan dosis paparan radiasi pada pesawat sinar-X di RSUD Madani Palu. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur dosis paparan radiasinya menggunakan surveymeter. Pada penelitian ini diperoleh laju perubahan faktor eksposi tegangan, kuat arus, waktu penyinaran dan jarak sumber radiasi ke titik pengukuran masing-masing terhadap dosis paparan radiasi adalah 0,0002mR/kV, 0,00003mR/mA, 0,0009mR/ms dan -0,000003mR/mm. Berdasarkan analisis data diperoleh faktor yang sangat mempengaruhi perubahan dosis paparan radiasi sinar-X adalah faktor waktu penyinaran, sebab dibuktikan dengan laju perubahannya yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan faktor-faktor eksposi lainnya. Penelitian ini juga diperoleh bahwafaktor eksposi jarak sumber radiasi ketitik pengukuran berbanding terbalik dengan dosis paparan radiasinya, sehingga menyebabkan energi yang terserap oleh titik pengukuran tersebut semakin kecil.</p> <p>Abstract.</p> <p><i>Research on the Evaluation of Variation of Exposure Factors on the Radiation Dose of X-Ray Model E7242 has been carried out in Madani Hospital, Palu. The purpose of this research is to find out how the influence of exposure factor variations on changes in radiation exposure dose on X-ray instrument in Madani Hospital, Palu. This research was conducted by measuring the dose of X-ray radiation exposure using a survey. In this study, the values of change rate of exposure factors of voltage, current strength, irradiation time and the distance between the radiation source to the measurement point to the dose of radiation exposure were 0.0002 mR/kV, 0.00003 mR/mA, 0.0009 mR/ms and -0.000003 mR/mm. Based on the results of data analysis, it was found that the factor that greatly influenced the change in dose of X-ray radiation exposure was exposure time. This factor is evidenced by the value of the rate of change which is relatively higher compared to other exposure factors. In addition, this study also found that the exposure factor of the distance between the radiation source to the point of measurement has a negative effect or inversely proportional to the dose of radiation exposure. This is caused by the distance of the radiation source to the measurement point getting bigger (further). Thus the energy absorbed by the measurement point is getting smaller.</i></p>
<p>Kata kunci:</p> <p>Sinar-X, Faktor Eksposi, Dosis Paparan Radiasi, Surveymeter</p> <p>Keywords:</p> <p>X-rays, Exposition factor, Dose of radiation Exposure, Survey-meter,</p>	

*) e-mail: irhaerdianti@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sejak ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada Tahun 1895, sinar-X sampai sekarang semakin penting dalam kehidupan manusia khususnya dalam bidang kedokteran. Penggunaannya dalam bidang radiografi maupun dalam bidang kedokteran adalah karena sifatnya yang dapat menghitamkan plat film, sehingga dapat digunakan untuk

menghasilkan gambar Rontgen [1]. Penggunaan sinar-X dalam dunia medis saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat, terutama penggunaan sinar-X untuk mendiagnosa berbagai penyakit, yang biasa disebut radiodiagnostik. Selain manfaatnya yang besar, penggunaan radiasi sinar-X juga memiliki potensi resiko yang cukup berbahaya bagi manusia

dan lingkungan bila tidak memperhatikan batas dosis yang dipersyaratkan dan tidak memperhatikan prinsip-prinsip proteksi radiasi [2-8].

Sinar-X dihasilkan dari suatu alat yang biasa disebut sebagai pesawat sinar-X atau pesawat roentgen. Pesawat sinar-X adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan diagnosa medis dengan menggunakan sinar-X. Sinar-X yang dipancarkan dari tabung diarahkan pada bagian tubuh yang didiagnosa. Berkas sinar-X tersebut akan menembus bagian tubuh dan akan ditangkap oleh film, sehingga akan terbentuk gambar dari bagian tubuh yang disinari. Sebelum pengoperasian pesawat sinar-X, perlu dilakukan pengaturan parameter untuk mendapatkan faktor eksposi yang dikehendaki. Parameter-parameter tersebut adalah tegangan tinggi (kV), arus tabung (mA) dan waktu paparan (s) [9].

Beberapa penelitian terdahulu tentang pengaruh variasi faktor eksposi terhadap dosis paparan radiasi sinar-X telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Sinaga [10] telah meneliti tentang paparan dosis radiasi dengan faktor eksposi tegangan yang bervariasi dan diperoleh bahwa bahwa nilai paparan dosis radiasi yang meningkat seiring dengan meningkatnya faktor eksposi tegangan. Selain variasi faktor eksposi tegangan, penelitian lain tentang variasi faktor eksposi arus tabung terhadap dosis radiasi juga pernah dilakukan oleh Sianturi,dkk [11], dimana diketahui bahwa apabila arus tabung yang digunakan semakin tinggi maka semakin besar pula tingkat dosis radiasi yang dihasilkan.

Penelitian yang terkait lainnya, telah mengukur paparan radiasi secara langsung di ruang ICU dengan variasi jarak 1 m, 2 m, 3 m dari 4 sisi tabung sinar-X dan variasi faktor eksposi tegangan 50 kV, 60 kV 70 kV. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak dari sumber radiasi maka paparan radiasi semakin kecil dan semakin tinggi faktor eksposi tegangan maka semakin besar jumlah paparan radiasi yang dihasilkan [12]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Hasmawati [13] menyimpulkan bahwa jarak antara sumber radiasi ke objek sangat berpengaruh terhadap perubahan nilai dosis paparan radiasi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa variasi faktor eksposi tegangan, kuat arus, waktu dan jarak sangat mempengaruhi perubahan dosis paparan radiasi yang dihasilkan. Penelitian mengenai evaluasi variasi faktor eksposi terhadap dosis paparan radiasi pada pesawat sinar-X di RSUD Madani belum pernah dilakukan sehingga tidak diketahui faktor eksposi mana yang sangat mempengaruhi perubahan dosis paparan radiasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui jumlah paparan radiasi yang dihasilkan pesawat sinar-X dengan masing-masing variasi faktor eksposi.

2. BAHAN DAN METODE

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat sinar-X Toshiba E7242 sebagai sumber radiasi, surveymeter Fluke 451P-DE-SI-RYR SN 7374 untuk mengukur laju paparan radiasi, dan meteran untuk mengukur jarak antara sumber radiasi sinar-X ke titik pengukuran (surveymeter).

Pengambilan data pada penenilaian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

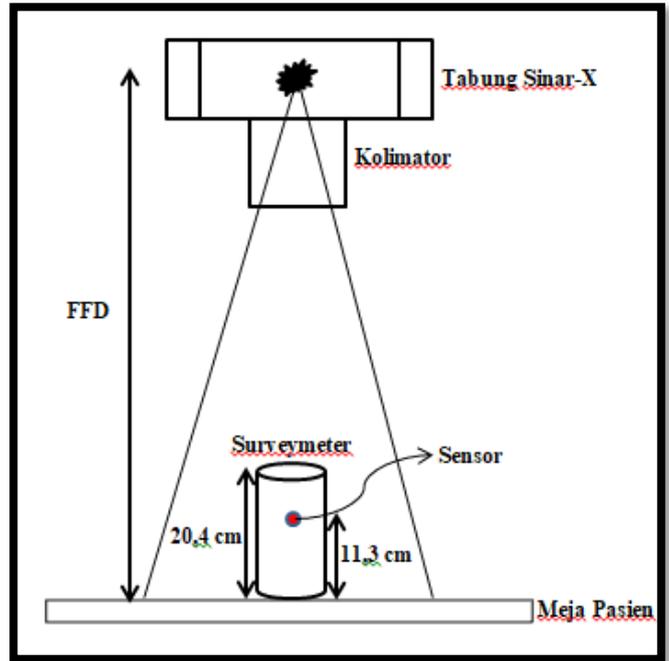
1. Pengaturan Pesawat Sinar-X

Sebelum melakukan pengukuran, pengaturan pesawat sinar-X sangatlah penting. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui pesawat sinar-X sudah siap untuk melakukan

penyinaran diantaranya keseimbangan tabung, faktor eksposi serta luas lapangan penyinaran pada kolimator.

2. Pengaturan Jarak antara Sumber Radiasi ke Titik Pengukuran

Pengaturan jarak antara sumber radiasi ke titik pengukuran (Gambar 1) ini sangat penting dilakukan sebab akan sangat berpengaruh dengan jumlah paparan radiasi yang akan terukur. Semakin dekat jarak titik pengukuran dengan sumber radiasi maka akan semakin besar jumlah paparan radiasi yang terbaca, dan sebaliknya. Dalam hal ini, jarak antara sumber radiasi ke titik pengukuran secara vertikal diukur dari tabung sinar-X sampai pada sensor dari surveymeter.



Gambar 1 Pengukuran jarak antara sumber radiasi ke titik pengukuran

3. Pengukuran menggunakan surveymeter

Pada penelitian ini digunakan alat ukur surveymeter untuk mengukur dosis paparan radiasi pada pesawat sinar-X. Untuk mengetahui pengaruh hubungan antara faktor eksposi terhadap dosis paparan radiasi maka masing-masing besaran pada faktor-faktor yang mempengaruhinya harus divariasikan. Penelitian ini dibagi menjadi 4 jenis pengukuran berdasarkan jenis faktor eksposi yang mempengaruhinya yaitu tegangan (V), arus (i), waktu paparan (t) dan jarak antara sumber radiasi terhadap titik pengukuran (d). Pengukuran menggunakan surveymeter ini dilakukan sebanyak 6 kali pada masing-masing jenis besaran faktor eksposi dan dengan nilai yang berubah-ubah. Besaran-besaran pada faktor eksposi diatur sedemikian rupa sehingga dapat diketahui faktor apa saja yang sangat mempengaruhi perubahan dosis paparan radiasi. Ketika salah satu besaran faktor eksposi diatur untuk berubah-ubah maka faktor-faktor lainnya harus dibuat konstan.

Tabel 1. Nilai dosis paparan radiasi untuk kondisi V berubah-ubah

No	V _{in} (kV)	i _{in} (mA)	t _{in} (s)	d (mm)	D _{ter} (mSv/jam)	D _{seb} (mSv/jam)	D (mSv)	X (mR)
1	40	10	20	887	2,4	2,6	0,00001427	0,001627
2	50	10	20	887	3,3	3,5	0,00001962	0,002237
3	60	10	20	887	8,0	8,6	0,00004756	0,005423
4	70	10	20	887	10,0	10,7	0,00005944	0,006778
5	80	10	20	887	14,5	15,5	0,00008619	0,009828
6	90	10	20	887	13,5	14,4	0,00008025	0,009151

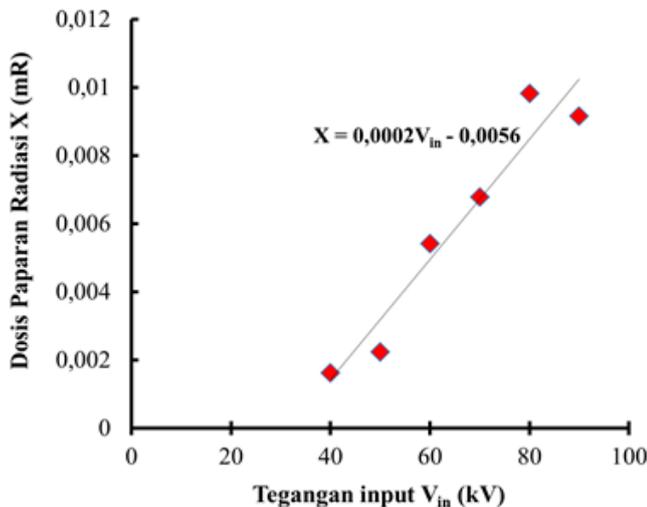
Tabel 2. Nilai dosis paparan radiasi untuk kondisi i berubah-ubah

No	i _{in} (mA)	V _{in} (kV)	t _{in} (s)	d (mm)	D _{ter} (mSv/jam)	D _{seb} (mSv/jam)	D (mSv)	X (mR)
1	10	40	20	887	8	8,56	0,00004755	0,005422
2	20	40	20	887	9	9,63	0,0000535	0,006100
3	40	40	20	887	10	10,70	0,00005944	0,006778
4	50	40	20	887	11	11,77	0,00006538	0,007455
5	80	40	20	887	13	13,91	0,00007727	0,008811
6	100	40	20	887	12	12,84	0,00007133	0,008133

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

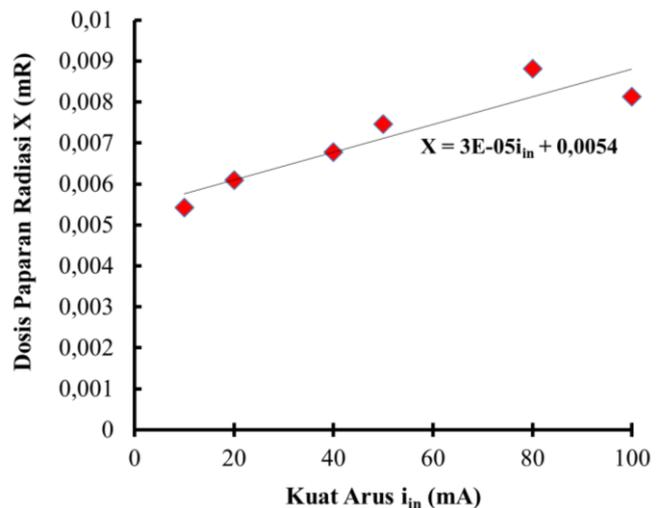
Hasil perhitungan dosis paparan radiasi berdasarkan pengukuran untuk kondisi arus, waktu dan jarak konstan serta tegangan yang berubah-ubah dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel terlihat bahwa nilai dosis paparan radiasi meningkat seiring dengan meningkatnya nilai tegangan. Diperoleh pada kondisi ini bahwa nilai dosis paparan radiasi yang terbaca sangat besar terdapat pada pengukuran tegangan 80 kV yaitu sebesar 0,009828 mR, sedangkan radiasi yang terbaca sangat kecil terdapat pada pengukuran 40 kV yaitu sebesar 0,001627 mR.

Adanya pengaruh antara perubahan tegangan tabung terhadap dosis paparan radiasi tersebut membuktikan teori yang dikemukakan oleh Rahman [14]. Rahman menjelaskan bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan di antara katoda dan anoda, maka elektron akan bergerak semakin cepat. Semakin cepat elektron menumbuk anoda pada target, maka akan semakin cepat sinar-X terbentuk dan semakin kuat daya tembus dari sinar-X yang dihasilkan. Berdasarkan grafik Gambar 2 terlihat bahwa laju perubahan hubungan antara variasi faktor eksposi tegangan terhadap dosis paparan radiasi yaitu sebesar 0,0002 mR/kV.



Gambar 2. Grafik hubungan antara perubahan tegangan input terhadap dosis paparan radiasi

Pada Tabel 2 diperlihatkan hasil perhitungan dosis paparan radiasi berdasarkan pengukuran untuk kondisi tegangan, waktu, jarak yang konstan dan kuat arus yang berubah-ubah. Dalam kondisi ini digunakan nilai tegangan, waktu penyinaran dan jarak yang konstan yaitu berturut-turut sebesar 40 kV, 20 ms dan 887 mm. Hal tersebut bertujuan agar perubahan dosis paparan radiasi akibat pemberian kuat arus yang bervariasi dapat terlihat dengan jelas (Gambar 3). Pada Tabel 2 terlihat bahwa dosis paparan radiasi yang terbaca sangat besar terdapat pada pengukuran kuat arus 80 mA yaitu sebesar 0,008811 mR, sedangkan dosis paparan radiasi yang terbaca sangat kecil terdapat pada pengukuran kuat arus 10 mA yaitu sebesar 0,005422 mR.



Gambar 3. Grafik hubungan antara perubahan kuat arus terhadap dosis paparan radiasi

Berdasarkan hasil perhitungan dosis paparan radiasi untuk kondisi kuat arus berubah-ubah diperoleh nilai yang sebanding antara kuat arus tabung pesawat sinar-X dengan dosis paparan radiasinya, dimana jika semakin besar kuat arusnya maka akan semakin besar pula dosis paparan radiasinya. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Meredith [15] bahwa intensitas sinar-X ditentukan oleh jumlah elektron per satuan waktu dari katoda ke anoda yang mencapai atom target, atau biasa disebut sebagai arus tabung. Meredith juga menjelaskan

Tabel 3. Nilai dosis paparan radiasi untuk kondisi t berubah-ubah

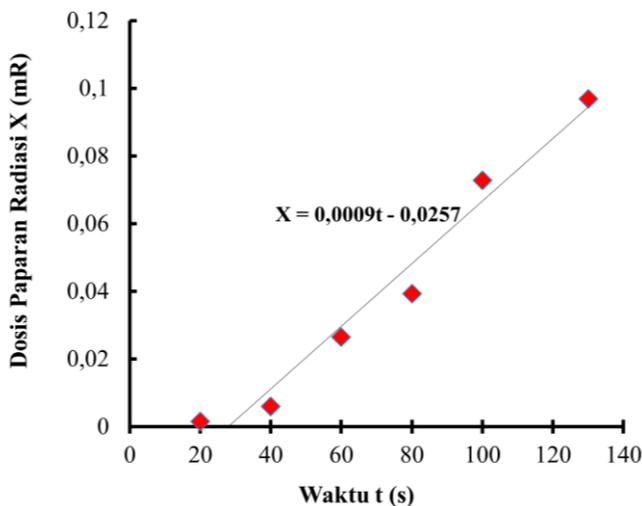
No	t_{in} (s)	V_{in} (kV)	i_{in} (mA)	d (mm)	D_{ter} (mSv/jam)	D_{seb} (mSv/jam)	D (mSv)	X (mR)
1	20	40	10	887	2,4	2,5	0,00001396	0,001592
2	40	40	10	887	4,4	4,7	0,00005231	0,005964
3	60	40	10	887	13,0	13,9	0,0002318	0,02643
4	80	40	10	887	14,5	15,5	0,0003447	0,03931
5	100	40	10	887	21,5	23,0	0,0006390	0,07286
6	130	40	10	887	22,0	23,5	0,0008500	0,09692

Tabel 4. Nilai dosis paparan radiasi untuk kondisi d berubah-ubah

No	d (mm)	V_{in} (kV)	i_{in} (mA)	t_{in} (s)	D_{ter} (mSv/jam)	D_{seb} (mSv/jam)	D (mSv)	X (mR)
1	737	40	10	20	3,3	3,5	0,00001961	0,002236
2	787	40	10	20	2,8	3,0	0,00001694	0,001931
3	837	40	10	20	2,6	2,8	0,00001575	0,001796
4	887	40	10	20	2,6	2,7	0,00001545	0,001762
5	937	40	10	20	2,4	2,6	0,00001426	0,001626
6	987	40	10	20	2,3	2,4	0,00001337	0,001525

bahwa dengan meningkatkan arus tabung akan meningkatkan jumlah elektron yang tertumbuk ke anoda sehingga sinar-X yang dihasilkan semakin banyak. Berdasarkan grafik pada Gambar 3 di atas terlihat bahwa nilai kemiringan hubungan antara perubahan faktor eksposi kuat arus terhadap dosis paparan radiasi yaitu sebesar 0,00003 mR/mA.

Hasil perhitungan dosis paparan radiasi berdasarkan pengukuran untuk kondisi tegangan, kuat arus, jarak yang konstan dan waktu yang berubah-ubah dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa nilai dosis paparan radiasinya meningkat seiring dengan meningkatnya nilai waktu. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh bahwa dosis paparan radiasi yang terbaca sangat kecil terdapat pada pengukuran waktu penyinaran 20 ms yaitu sebesar 0,001592 mR, sedangkan dosis paparan radiasi yang terbaca sangat besar terdapat pada pengukuran waktu penyinaran 130 ms yaitu sebesar 0,09692 mR. Untuk melihat perubahan dosis paparan radiasi akibat pemberian waktu penyinaran yang berbeda-beda juga dapat dilihat pada Gambar 4.

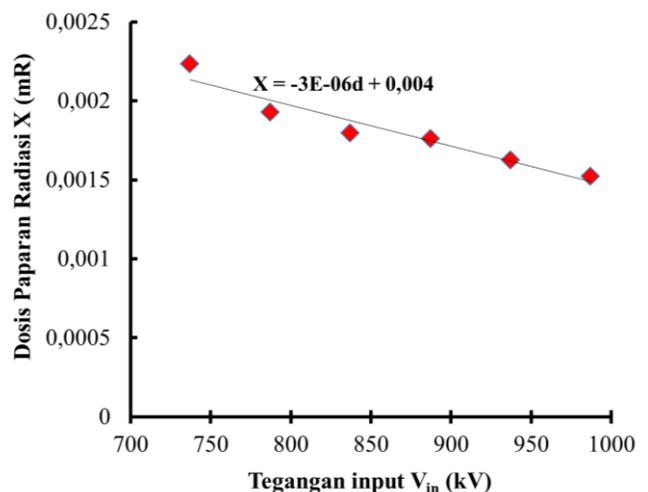


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Perubahan Waktu Penyinaran Terhadap Dosis Paparan Radiasi

Pada Gambar 4 di atas diperoleh bahwa laju perubahan dosis paparan radiasi yang lebih besar dibandingkan dengan faktor

eksposi lainnya yaitu sebesar 0,0009 mR/s. Besarnya nilai laju perubahan tersebut disebabkan karena terakumulasinya dosis paparan radiasi dari masing-masing waktu penyinaran yang diberikan. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Akhadi (2000) [16] bahwa pekerja radiasi yang berada di dalam medan radiasi akan menerima dosis radiasi yang besarnya sebanding dengan lamanya pekerja tersebut berada di dalam medan radiasi.

Untuk perhitungan dosis paparan radiasi berdasarkan pengukuran untuk kondisi tegangan, kuat arus, waktu yang konstan dan jarak yang berubah-ubah dapat dilihat pada Tabel 4. Pada tabel diperoleh bahwa dosis paparan radiasi yang terbaca sangat besar terdapat pada pengukuran jarak 737 mm sebesar 0,002236 mR, sedangkan dosis paparan radiasi yang terbaca sangat kecil terdapat pada pengukuran jarak 987 mm sebesar 0,001525 mR. Pada Gambar 5 memperlihatkan besar perubahan dosis paparan radiasi akibat dari pemberian nilai jarak yang berubah-ubah.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Perubahan Jarak Terhadap Dosis Paparan Radiasi

Gambar 5 memperlihatkan bahwa nilai dosis paparan radiasinya berbanding terbalik dengan nilai jarak yang diberikan, yaitu dosis paparan radiasi menurun seiring dengan meningkatnya nilai jarak. Hal tersebut disebabkan oleh energi

yang terserap oleh sensor menjadi semakin rendah seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber radiasi. Hasil penelitian ini telah sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Juliana [17] bahwa semakin jauh (besar) jarak dari sumber radiasi maka akan semakin rendah paparan radiasinya. Selain itu, pada Gambar 5 juga ditunjukkan nilai laju perubahan yang sangat kecil yaitu $-0,000003$ mR/mm. Hal ini disebabkan oleh kecilnya perubahan jarak antara sumber radiasi ke titik pengukuran.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perubahan faktor eksposi sangat mempengaruhi besarnya perubahan dosis paparan radiasi yang dihasilkan pada pesawat sinar-X model E7242 di RSUD Madani Palu. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan diperoleh bahwa variasi faktor tegangan, kuat arus dan waktu penyinaran berpengaruh secara signifikan terhadap dosis paparan radiasi. Akan tetapi, faktor yang sangat mempengaruhi perubahan dosis paparan radiasi yaitu faktor eksposi waktu penyinaran. Sedangkan variasi jarak antara sumber radiasi ke titik pengukuran terhadap perubahan dosis paparan radiasi berpengaruh secara negatif, artinya berbanding terbalik. Hal tersebut disebabkan karena energi yang terserap oleh sensor menjadi semakin rendah seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Beiser, *Konsep Fisika Modern, Edisi Keempat*. Erlangga: Jakarta, 1992.
- [2] M. Limbacher, P.S. Douglas, and G. Germano. "Radiation safety in the practice of cardiology." *Journal of the American College of Cardiology* 31.4 (1998): 892-915.
- [3] H. D.Barth, M. E. Launey, A. A.MacDowell, J. W. Ager III, and R. O. Ritchie, (). On the effect of X-ray irradiation on the deformation and fracture behavior of human cortical bone. *Bone*, 46(6), 1475-1485, 2010.
- [4] J. Sanghyup, et al. "The effect of X-ray irradiation on Salmonella inactivation and sensory quality of almonds and walnuts as a function of water activity." *International journal of food microbiology* 153.3 (2012): 365-371.
- [5] Rojas-Argudo, C., Palou, L., Bermejo, A., Cano, A., del Río, M. A., & González-Mas, M. C. (2012). Effect of X-ray irradiation on nutritional and antifungal bioactive compounds of 'Clemenules' clementine mandarins. *Postharvest biology and technology*, 68, 47-53.
- [6] Jung, K., Song, B. S., Kim, M. J., Moon, B. G., Go, S. M., Kim, J. K., ... & Park, J. H. (2015). Effect of X-ray, gamma ray, and electron beam irradiation on the hygienic and physicochemical qualities of red pepper powder. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 846-851.
- [7] Krakowczyk, L., Blamek, S., Strzelczyk, J. K., Plachetka, A., Maciejewski, A., Połtorak, S., & Wiczkowski, A. (2010). Effects of X-ray irradiation on methylation levels of p16, MGMT and APC genes in sporadic colorectal carcinoma and corresponding normal colonic mucosa. *Medical Science Monitor*, 16(10), CR469-CR474.
- [8] Liang, X., Zhang, J. Y., Cheng, I. K., & Li, J. Y. (2016). Effect of high energy X-ray irradiation on the nano-mechanical properties of human enamel and dentine. *Brazilian Oral Research*, 30(1).
- [9] I. Juniarti, Analisis Dosis Efektif Radiasi Pada Pemeriksaan Thorax Pasien *Tuberculosis* Paru di Instalasi Rumah Sakit Paru Jember, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, 2015.
- [10] R.A. Sinaga, Analisis Paparan Dosis Radiasi Jarak Aman Petugas dan Pasien Lain di Ruang ICU. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2018. <http://repositori.usu.ac.id>
- [11] H.A. Sianturi, M.Rianna, T. Sembiring, dan M. Situmorang, Pengukuran dan Analisis Dosis Radiasi Keluaran Pada Pesawat Sinar-X Berusia Lebih Dari 10 Tahun Pada Rumah Sakit di Kota Medan. *J. Aceh Phy. Soc*, 7(1), 1-5, 2018.
- [12] A.B.S. Tasa, Analisis Dosis Radiasi Untuk Aplikasi Ruang ICU. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2012. <http://repositori.unhas.ac.id/pdf>
- [13] Hasmawati, Analisis Dosis Paparan Radiasi Sinar-X di Unit Radiologi RS. Bhayangkara Makassar. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar, 2016. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/>
- [14] N. Rahman, *Radiografi, Rineka Cipta :Padang*, 2009.
- [15] W.J. Meredith dan J.B. Massey, *Fundamental Physics of Radiology*, John Wright and Sons Ltd., Bristol, 1977.
- [16] Akhadi, M. 2000. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi (1st ed)*. Jakarta : Rineka Cipta, 1996.
- [17] J. Sidauruk, Analisis Dosis Radiasi Fluoroscopy Colon In Loop dengan Sangkaan Penyakit Megakolon, Thesis Magister, repositori.usu.ac.id, 2018.