

ANALISA PENGARUH FUNGSI JARAK PESAWAT SINAR-X TERHADAP SEBARAN DOSIS RADIASI DI RUANG LABORATORIUM KLINIK

Evi Yufita*, Fitriani, Fasbir, Rini Safitri

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Aceh

e-mail: eviyufita@usk.ac.id

Abstrak: Sebaran dosis paparan radiasi di ruang radiologi sangat penting diukur, sehingga dapat dipastikan keamanan para pekerja radiasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak sumber radiasi terhadap sebaran dosis radiasi dan efektivitas perisai radiasi di laboratorium klinik Fakultas Hewan Universitas Syiah Kuala. Metode yang digunakan adalah pengukuran radiasi sekunder pada jarak 1 m, 1,5 m dan 2 m dari sumber radiasi dengan alat multimeter *X-Ray*. Efektivitas perisai radiasi diukur pada bagian dalam dan luar perisai (kaca operator, pintu dan dinding). Hasil penelitian pengukuran dosis radiasi menunjukkan bahwa daerah aman bagi pekerja radiasi dari sumber radiasi sinar-X pada $I = 100$ mA dan $I = 200$ mA sebagai berikut untuk $V = 46$ kV diperoleh pada jarak lebih 1 m, untuk $V = 55$ kV pada jarak lebih 1,5 m dan untuk $V = 81$ kV pada jarak 2 m. Efektivitas perisai radiasi (kaca operator, pintu dan dinding) di laboratorium klinik FKH sangat baik (100 %).

Kata Kunci: faktor eksposi, dosis paparan radiasi sinar-x, perisai radiasi, peta sebaran radiasi

ANALYSIS INFLUENCE DISTANCE FUNCTION X-RAY DEVICE TO DISTRIBUTION OF DOSES RADIATION EXPOSURE IN ROOM LABORATORY CLINIC

Abstract: It is very important to measure the distribution of radiation exposure doses in the radiology room to ensure the safety of radiation workers. This study aims to determine the effect of distance from the radiation source on the distribution of radiation doses and the effectiveness of radiation shielding in the clinical laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine, Syiah Kuala University. Using an X-ray multimeter, the method used is measuring secondary radiation at a distance of 1m, 1.5m, and 2m from the radiation source. The effectiveness of radiation shielding is measured on the inside and outside of the shield (operator glass, doors, and walls). The research results on radiation dose measurements show the safe area for radiation workers from X-ray radiation sources at $I = 100$ mA. $I = 200$ mA is for $V = 46$ kV obtained at a distance of more than 1 m, for $V = 55$ kV at a distance of more than 1.5 m, and $V = 81$ kV at a distance of 2 m. The effectiveness of radiation shielding (operator glass, doors, and walls) in the FKH clinical laboratory is very good (100%).

Keywords: exposure factors, x-ray radiation exposure dose, radiation shielding, radiation distribution map

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah banyak diaplikasikan dalam bidang medis yang menggunakan sumber radiasi. Radiasi yang dimanfaatkan ini selain memiliki dampak positif juga memiliki dampak negatif bagi manusia dan lingkungan sekitar, khususnya bagi pekerja radiasi. Pekerja radiasi (radiografer) akan sering menerima paparan radiasi ketika proses eksposi berlangsung, apalagi jika dilakukan tidak sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Radiasi yang diterima radiographer dapat berasal dari radiasi primer, radiasi sekunder dan kebocoran tabung. (Palmer et al., 2007), (Bushberg et al., 2002).

Saat pasien melakukan pemeriksaan dengan menggunakan radiasi pengion harus menerima dosis radiasi serendah mungkin sehingga tidak melampaui nilai batas dosis (NBD) yang telah ditetapkan oleh BAPETEN. Ketentuan ini dimaksudkan agar tidak berdampak bagi pasien dan pekerja radiasi. Pada saat proses eksposi, selain radiasi primer yang dipancarkan dari sumber radiasi juga akan ada radiasi hambur ketika mengenai materi. Keberadaan radiasi hambur ini akan meningkatkan jumlah dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi. Langkah yang harus diterapkan untuk melindungi para pekerja radiasi adalah dengan menerapkan proteksi radiasi. Proteksi radiasi di kegiatan eksposi biasanya dilakukan adalah para pekerja radiasi harus selalu menggunakan apron (APD) dan berada di balik dinding yang sudah diproteksi, serta berada pada jarak yang jauh dari sumber radiasi (Dewi, dkk. 2018, Tulfala, F., & Kasman, 2020). Selain itu desain ruang radiologi juga harus dipertimbangkan, hal ini tergantung pada kebiasaan pekerja dalam melakukan tindakan proteksi dan keselamatan radiasi. Dalam desain ruang radiologi, ukuran ruangan dan tata letak ruangan juga sangat penting untuk diperhatikan (Hanson & Palmer, 2013)

Berdasarkan informasi yang disampaikan oleh ICRP No.117, bahwa masih minimnya kesadaran para pekerja radiasi terhadap efek yang ditimbulkan akibat paparan radiasi, kondisi ini kemungkinan terjadi akibat mengabaikan keselamatan diri dari radiasi pada saat bekerja (Rehani et al., 2010). Karena para pekerja radiasi sering melakukan proses eksposi, maka akan menerima paparan radiasi yang berulang. Hal ini akan menimbulkan efek non stokastik kepada para pekerja radiasi dan staf yang melakukan kegiatan di ruang tersebut. NBD yang ditetapkan BAPETEN No.15 tahun 2015 untuk para pekerja radiasi adalah 20 mSv/tahun. Salah satu hal yang harus diperhatikan oleh pekerja radiasi untuk mengurangi NBD dalam kegiatan eksposi adalah memaksimalkan jarak dari sumber radiasi. Selain pekerja radiasi, keselamatan orang yang berada di luar ruangan juga perlu diperhatikan karena kemungkinan juga terpapar radiasi (Muhammad Irsal, 2020).

Beberapa peneliti sebelumnya, telah melakukan penelitian tentang analisis sebaran dosis paparan radiasi pesawat C-AR terhadap jarak pada ruang operasi, diperoleh hasil semakin jauh jarak pengukuran maka intensitas radiasi yang diperoleh semakin kecil, sedangkan semakin dekat jarak pengukuran dengan sumber radiasi maka intensitas radiasi yang diperoleh akan semakin besar (Anggraini, R, 2014). Penelitian yang relevan juga telah dilakukan dengan topik yang sama dengan menggunakan pesawat sinar-X dan hasil sebaran dosis radiasi di ruang pemeriksaan instalasi radiologi ditampilkan melalui pembuatan peta kontur isodosis (Syahria, S., dkk., 2012, Purwantiningsih, 2017, Verdianto, A, 2012. Aryawijayanti, A, 2015).

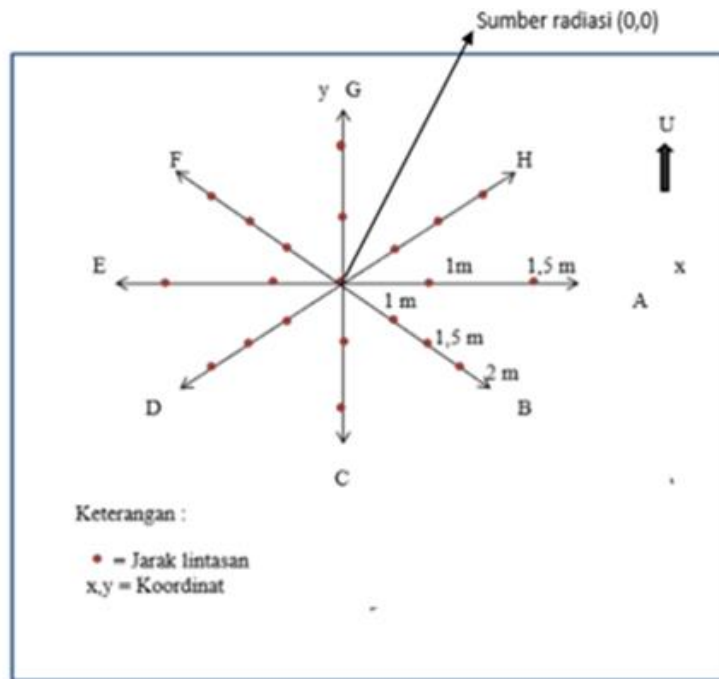
Laboratorium klinik Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala, tercatat pada tahun 2021 sampai 2022, jumlah pasien (hewan) yang melakukan tindakan rontgen di laboratorium klinik sebanyak 127 pasien. Menurut informasi yang didapat belum pernah dilakukan pengukuran sebaran radiasi dan jangkauan daerah yang terpapar radiasi ketika tindakan eksposi berlangsung. Hal ini sangat berbahaya bagi para pekerja radiasi dan masyarakat sekitar. Oleh karena itu penting dilakukannya penelitian ini sehingga diketahui sebaran dosis radiasi di ruang dan disekitar laboratorium klinik sehingga dapat mengurangi dampak negatif dari bahaya yang ditimbulkan oleh radiasi sinar X, baik terhadap pekerja radiasi maupun masyarakat (pengunjung) di laboratorium klinik.

METODE

A. Pengukuran Sebaran Dosis Paparan Radiasi Sebagai Fungsi Jarak Di Laboratorium Klinik USK.

Pengambilan data penelitian ini berupa data dosis paparan primer dan sekunder menggunakan alat multimeter X-Ray. Besar faktor eksposi yang digunakan baik tegangan,

arus tabung dan waktu eksposi didasarkan pada seringnya digunakan pada pemeriksaan pasien (hewan) di laboratorium klinik Fakultas Kedokteran Hewan USK yaitu tegangan yaitu 46 kV, 55 kV, 81 kV, pada arus 100 mA, 200 mA dan waktu eksposi 63 ms. Pertama dilakukan pengukuran dosis radiasi primer di koordinat (0,0) dengan alat ukur ditempatkan di atas meja pemeriksaan pada posisi sejajar detektor dengan variasi tegangan. Kedua, pengukuran dosis radiasi sekunder pada tiap titik di masing-masing lintasan yang telah ditentukan di ruang laboratorium klinik seperti Gambar 1. Posisi multimeter-X ray di tempatkan di titik yang ingin diukur dengan variasi tegangan.



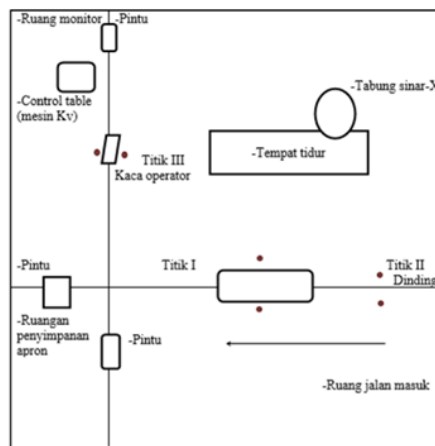
Gambar 1. Denah posisi lintasan titik pengukuran dosis radiasi sekunder di ruangan Laboratorium Klinik Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Syiah Kuala

A. Pengukuran efektivitas perisai radiasi

Pengukuran efektivitas perisai di ruang laboratorium dilakukan dengan cara mengukur dosis paparan radiasi untuk beberapa tegangan dengan menempatkan alat pengukuran di bagian luar dan dalam perisai (pintu, dinding dan kaca operator (titik merah)), setelah itu pengukuran efektivitas perisai dihitung menggunakan persamaan 1, dimana D_o = dosis hambur sebelum melewati perisai, D = dosis hambur setelah melewati perisai.

$$\text{Efektifitas (\%)} = \frac{D_o - D}{D_o} \times 100\% \quad (1)$$

Sketsa posisi pengambilan data seperti Gambar 2. Setelah itu membuat peta sebaran radiasi menggunakan software surfer 15.



Gambar 2. Denah ruangan Laboratorium Klinik Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Syiah Kuala.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

A. Pengukuran Sebaran Dosis Paparan Radiasi Pada Saat Eksposi Sebagai Fungsi Jarak Di Laboratorium Klinik USK

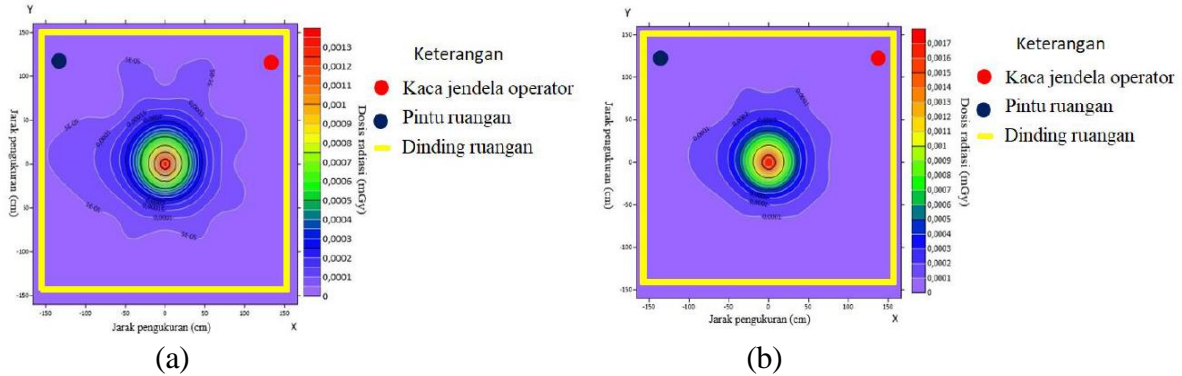
Pengukuran sebaran dosis paparan radiasi dilakukan ketika proses eksposi berlangsung untuk variasi tegangan 46 kV, 55 kV, dan 81 kV dengan variasi arus: 100 mA, 200 mA dan waktu eksposi = 63 ms. Pengukuran ini dilakukan pada jarak 1 m, 1,5 m dan 2 m dari sumber radiasi. Hasil pengukuran nilai sebaran dosis radiasi pada ruang laboratorium klinik Fakultas Kedokteran Hewan, USK untuk tegangan tabung = 46 kV dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Dosis Radiasi pada ruang laboratorium klinik FKH USK pada $V= 46 \text{ kV}$, $I= 100 \text{ mA}$ dan 200 mA , $t= 63 \text{ ms}$.

Lintasan Pengukuran	Koordinat		Jarak (m)	Tegangan(kV)	Dosis radiasi(mGy)	
	X (cm)	Y (cm)			I = 100 mA	I = 200 mA
Pusat	0	0	0		0,001334	0,001693
A	100	0	1	46	0,000035	0,000036
	150	0	1,5		0	0
B	73	-73	1	46	0,000027	0,00003
	127	-89	1,5		0,000005	0,00001
	165	-115	2		0	0
C	0	-100	1	46	0,000009	0,000008
	0	-150	1,5		0	0,000049
D	-73	-73	1	46	0,000041	0,000049
	-127	-89	1,5		0	0
	-165	-115	2		0	0
E	0	-100	1	46	0,000027	0,00003
	0	-150	1,5		0	0
F	-73	73	1	46	0,000012	0,000053
	-127	89	1,5		0,000005	0,00001
G	-115	115	2	46	0	0
	0	100	1		0,000041	0,000067
H	0	150	1,5	46	0,000009	0,000049
	73	73	1		0,000021	0,000043

127	89	1,5	46	0,000005	0,00001
165	115	2		0	0

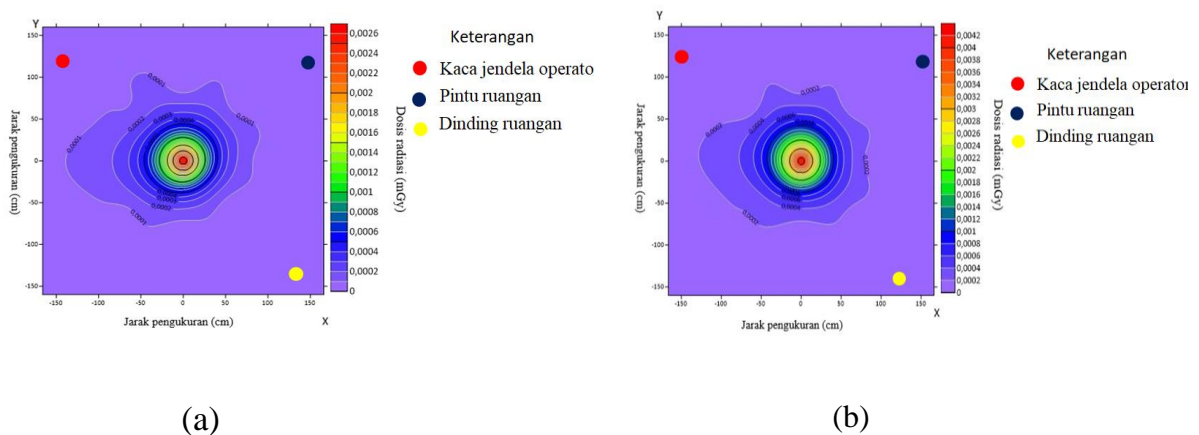
Berdasarkan nilai dosis paparan radiasi pada Tabel 1, dapat dibuat peta sebaran radiasi untuk $V= 46$ kV, $I= 100$ mA dan 200 mA, $t= 63$ ms dengan menggunakan software Surfer 15. Masing-masing dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta sebaran radiasi sinar-X pada tegangan tabung 46 kV dan waktu eksposi 63 ms di ruangan laboratorium klinik FKH USK (a) arus tabung 100 mA (b) 200 mA.

Gambar 3.a dan Gambar 3.b menunjukkan peta sebaran dosis radiasi di laboratorium klinik Fakultas Kedokteran Hewan, USK, dimana menghasilkan beberapa jumlah lintasan sebaran radiasi dengan warna yang berbeda. Hasil pengukuran pada $V = 46$ kV, $I = 100$ mA diperoleh penyebaran radiasi yang paling besar (Tabel 1) bernilai 0,001334 – 0,001693 mGy. ditunjukkan pada warna merah. Tingginya dosis radiasi ini dikarenakan area tersebut berada paling dekat dengan sumber radiasi. Selanjutnya penyebaran radiasi yang berada pada warna kuning, hijau dan biru muda, nilai dosis radiasinya semakin kecil karena jaraknya semakin jauh dari sumber radiasi. Wilayah hijau pada arus 200 mA lebih lebar dari wilayah arus 100 mA karena sebaran radiasinya lebih jauh. Berdasarkan Tabel 1 pada penggunaan faktor eksposi $V = 46$ kV pada $I = 100$ mA dihasilkan nilai dosis radiasinya 0,000005 sd 0,001334 mGy dan pada $I = 200$ mA dihasilkan nilai dosis radiasinya 0,00001 sd 0,001693 mGy, sehingga diperoleh informasi jarak aman bagi petugas pekerja radiasi yaitu pada jarak lebih dari 1 m dari sumber.

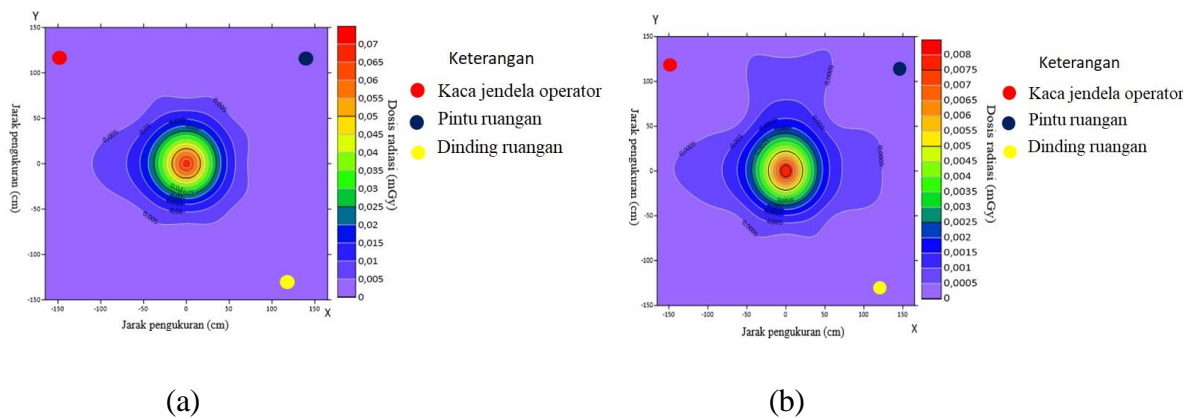
Selanjutnya dengan menggunakan software Surfer 15 diperoleh peta sebaran radiasi yang diperoleh untuk $V= 55$ kV, $I= 100$ mA dan 200 mA, $t= 63$ ms terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta sebaran radiasi sinar-X pada tegangan tabung 55 kV dan waktu eksposi 63 ms di ruangan laboratorium klinik FKH USK (a) arus tabung 100 mA (b) 200 mA.

Peta sebaran radiasi untuk $V = 55$ kV, $I = 100$ mA, 200 mA dan $t = 63$ ms memiliki pola yang hampir sama dengan peta sebaran radiasi pada $V = 46$ kV. Keluaran hasil dari alat multimeter X-Ray dengan penyebaran radiasi yang paling besar $0,002618 - 0,004144$ mGy. Berdasarkan Gambar 4, penggunaan $V = 55$ kV, $I = 100$ mA dihasilkan nilai dosis radiasinya $0,000005$ sd $0,002618$ mGy dan 200 mA dihasilkan nilai dosis radiasinya $0,000003$ sd $0,004144$ mGy sehingga diperoleh informasi jarak aman bagi petugas radiasi yaitu pada jarak 1,5 meter dari sumber radiasi.

Selanjutnya Gambar 5 menunjukkan peta sebaran dosis radiasi pada ruang laboratorium klinik Fakultas Kedokteran Hewan, USK dengan faktor eksposi: $V = 81$ kV, $I = 100$ mA dan 200 mA serta $t = 63$ ms.



Gambar 5. Peta sebaran radiasi sinar-X pada tegangan tabung 81 kV, dan waktu eksposi 63 ms di ruang laboratorium klinik FKH dengan (a) arus tabung 100 mA (b) arus tabung 200 mA.

Berdasarkan Gambar 5, penggunaan $V = 81$ kV, $I = 100$ mA dihasilkan nilai dosis radiasinya $0,000009$ sd $0,006737$ mGy dan untuk arus 200 mA dihasilkan nilai dosis radiasinya $0,000014$ sd $0,009345$ mGy. Dari data tersebut diperoleh titik aman untuk petugas radiasi yaitu berada pada jarak 2 m dari sumber radiasi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sebaran dosis radiasi di suatu daerah sangat ditentukan oleh faktor eksposi yaitu tegangan dan arus tabung serta waktu eksposi. Peningkatan dosis sebaran yang dihasilkan dari pesawat sinar-X seiring dengan peningkatan besar tegangan tabung yang diberikan dan sebaliknya. Semakin jauh jarak dari sumber radiasi (pesawat sinar-X) maka besaran paparan radiasinya akan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tulfala, F, & Kasman, 2020, Anggraini, R, dkk, 2014, Purwantiningsih, 2001, Ancila, C, & Hidayanto, E. 2016.

B. Efektivitas Perisai Radiasi Pada Ruang Laboratorium Klinik Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala.

Pembangunan tata ruang yang menggunakan radiasi harus memenuhi syarat yang ditentukan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 15 Tahun 2014 dimana ruangan yang menggunakan sinar- X harus didesain sedemikian rupa agar dosis yang diterima tidak lebih dari setengah NBD dari pekerja radiasi dan masyarakat (BAPETEN, 2014). Pengukuran efektivitas pada penelitian ini dilakukan pada bagian perisai radiasi (dinding, kaca pada bagian jendela operator dan pintu) untuk memastikan fungsinya sebagai penahan radiasi dan keamanan ruangan laboratorium klinik Fakultas Kedokteran Hewan USK ketika dilakukan kegiatan eksposi. Caranya

adalah dengan mendeteksi ada tidaknya radiasi bocor di area yang sering pekerja radiasi dan masyarakat sekitar berada.

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan efektivitas perisai radiasi pada tegangan 46 kV, 55 kV, 81 kV arus 100 dan 200 mA, dan waktu eksposi 63 ms. Pengukuran ini dilakukan pada 2 data dosis yaitu pertama dosis yang diperoleh dibagian dalam perisai, dan kedua dibagian luar perisai dengan faktor eksposi yang berbeda. Terlihat bahwa hasil perhitungan efektivitas dari bagian perisai radiasi (dinding, kaca pada bagian jendela operator dan pintu) bernilai 100% karena tidak terdeteksinya radiasi pada setiap titik pengukuran. Hal ini berarti bahwa fungsi dari perisai radiasi sebagai penahan radiasi bekerja dengan baik dan ruang laboratorium klinik Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala dinyatakan aman baik bagi para pekerja radiasi maupun masyarakat disekitar laboratorium klinik.

Tabel 4. Hasil pengukuran efektifitas perisai radiasi di ruangan laboratorium klinik pada tegangan $V = 46$ kV, 55 kV, 81 kV, arus 100 mA, 200 mA dan $t = 63$ ms

No	Titik Pengukuran	Faktor Eksposi		Rata-rata dosis D_0 (nGy)	Rata-rata dosis D (nGy)	Dosis serap $D_0 \cdot D = Dt$ (nGy)	Dosis serap (mGy) Dt/D_0	Efektifitas %
		V (kV)	I (mA)					
1.	Pintu	46	100	2	0	2	1	100
			200	3	0	3	1	100
		55	100	7	0	7	1	100
			200	15,5	0	15,5	1	100
		81	100	14	0	14	1	100
			200	34	0	34	1	100
2.	Dinding	46	100	10,5	0	10,5	1	100
			200	26,5	0	26,5	1	100
		55	100	17	0	17	1	100
			200	37	0	37	1	100
		81	100	44	0	44	1	100
			200	84,5	0	84,5	1	100
3.	Kaca operator	46	100	8,5	0	8,5	1	100
			200	20,5	0	20,5	1	100
		55	100	15	0	15	1	100
			200	39	0	0	1	100
		81	100	41	0	0	1	100
			200	86,5	0	0	1	100

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa besarnya pemberian faktor eksposi sangat menentukan besarnya sebaran dosis radiasi di dalam ruang. Semakin jauh jarak dari sumber radiasi maka akan semakin kecil nilai sebaran dosis radiasi di lingkungan sekitar. Pada pemberian $I = 100$ mA dan $I = 200$ mA, $t = 63$ ms, untuk $V = 46$ kV diperoleh daerah aman bagi pekerja radiasi pada jarak lebih 1 m. Untuk $V = 55$ kV diperoleh daerah aman pada jarak lebih 1,5 m dan untuk $V = 81$ kV diperoleh daerah aman pada jarak

2 meter. Efektivitas perisai radiasi (kaca operator, pintu dan dinding) di laboratorium klinik FKH Universitas Syiah Kuala dinyatakan sangat baik (100 %) sehingga dikatakan aman bagi pekerja radiasi dan masyarakat sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, R., Muslim. M., & Mutanto, A., 1, (2014). Analisis Sebaran Radiasi Hambur di Sekitar Pesawat Sinar-X pada Pemeriksaan Tomografi Ginjal. *Jurnal Ilmiah GIGA*, Volume, pp. 63-69.
- Aryawijayanti, A., Susilo., & Sutikno., (2015). Analisis Dampak Radiasi Sinar-x Pada Mencit Melalui Pemetaan Dosis Radiasi di Laboratorium Fisika Medik. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ancila, C., & Hidayanto, E. (2016). Analisis Dosis Paparan Radiasi Pada Instalasi Radiologi Dental Panoramik. *Youngster Physics Journal*.
- BAPETEN, (2011). Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2011 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Pesawat Sinar-X Radiologi Diagnostik dan Intervensional.
- Bushberg, J.T., Seibert, J.A., Leidholdt, E.M., Boone, J.M., (2002). *The Essential Physics of Medical Imaging*, Second Edi. ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Dewi, P.N., Trisnawati, P.L.N., & Iffah, M. (2018). Laju Paparan Radiasi Sinar-X Pada Dinding Laboratorium Diagnostik ATRO Bali. Bali: Universitas Udayana.
- Hanson, G.P., Palmer, P., (2013). Radiation Shielding for Clinics and Small Hospitals with a WHIS-RAD, Rotary District 6440 and the Pan American Health Organization.
- Rehani, M.M., Ciraj-Bjelac, O., Vañó, E., Miller, D.L., Walsh, S., Giordano, B.D., J., P., (2010). Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures Performed Outside The Imaging Department. In: *Clement, C.H.* (Ed.), *Annals of The ICRP*. pp. 1–102.
- Muhammad, I., Firdha A, S., Yolanda P, A., Andre, G., Pratama, P., Muhammad, R. S., Syahputera, W., Rizky, K., (2020). Measurement Of Radiation Exposure In Facilities For Radiology Diagnostic At The Covid-19 Emergency Hospital In Wisma Atlet Jakarta, *Journal of Vocational Health Studies* 04: 55-61.
- Purwantiningsih, (2017). Analisis Sebaran Dosis Paparan Radiasi Pesawat C-Arm Terhadap Jarak Pada Ruang Operasi”, *Journal of Sainstek*, 9(2): 183-189.
- Palmer, P.E.S., Hanson, G.P., Honeyman-Buck, J., (2007). Diagnostic Imaging in The Community a Manual for Clinics and Small Hospital. Electronic pre-publishing rights granted to Rotary District 6440 and and the Pan American Health Organization by the authors.
- Suprijanto (2009). Segmentasi Citra Secara Semi-Otomatis untuk Visualisasi Volumetrik Citra CT Scan Pelvis. *Makara Teknologi*, Voll 13, No.2.
- Syahria, S., Setiawati., E., & Firdausi, K. S., (2012). Pembuatan Kurva Isodosis Paparan Radiasi di Ruang Pemeriksaan Instalasi Radiologi RSUD Kabupaten Kolaka-Sulawesi Tenggara. *Berkala Fisika*, Vol. 15 No. 4, pp 123-132.
- Tulfala, F., & Kasman, (2020). Analisis Kontur Isodosis Paparan Radiasi Sinar-X di Instalasi Radiologi UPT Rumah Sakit Umum Daerah Madani Palu. *Gravitasi* 19-1 (2020) 20-23.
- Verdianto, A., (2012). *Program Studi Fisika. Peningkatan Akurasi Proses Pembacaan Detektor pada TLD Reader Harshaw Model 3500*. (Skripsi). Jakarta: Universitas Indonesia.