

Estimasi Laju Dosis Radiasi yang Lolos Melalui Dinding Primer dan Sekunder Berdasarkan Beban Kerja Pesawat Teleterapi Co-60 di Instalasi Radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang (Studi Kasus Januari - Juni 2019)

Santri Ramadhani^{1,*}, Dian Milvita¹, Heru Prasetyo², Mursiyatun³

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

²PTKMR-BATAN, Pasar Jum'at, Lebak Bulus, Jakarta Selatan

³RSUP. DR. M. Djamil, Padang

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 03 Januari 2020

Direvisi: 13 Januari 2020

Diterima: 17 Januari 2020

Kata kunci:

beban kerja pesawat
dinding primer
dinding sekunder
IAEA
NBD
NCRP

Keywords:

workload of aircraft
primary wall
secondary wall
IAEA
NBD
NCRP

Penulis Korespondensi:

Santri Ramadhani

Email:

santriramadhani1309@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer dan sekunder, berdasarkan beban kerja pesawat teleterapi Co-60 di instalasi radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang. Penelitian menggunakan data sekunder berupa data dosis pasien, pekerja radiasi periode Januari-Juni 2019 dan data desain dinding ruang penyinaran Co-60. Metode perhitungan menggunakan persamaan analitik dari SRS No. 47 IAEA. Hasil yang didapatkan adalah nilai beban kerja pesawat Co-60 per minggu berkisar antara (6,4-288) Gy m² per minggu. Nilai ini masih berada di bawah rekomendasi NCRP No. 49. Hasil perhitungan estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer berkisar antara ($5,35 \times 10^{-9}$ - $1,99 \times 10^{-6}$) Sv per minggu, sedangkan estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radasi bocor berkisar antara ($2,27 \times 10^{-14}$ - $2,41 \times 10^{-6}$) Sv per minggu dan melalui dinding sekunder akibat radiasi hambur berkisar antara ($1,56 \times 10^{-17}$ - $1,94 \times 10^{-9}$) Sv per minggu. Nilai estimasi laju dosis radiasi yang didapatkan masih berada di bawah nilai batas dosis (NBD) yang ditetapkan oleh BAPETEN No. 3 Tahun 2013 pasal 30 dan 31 tentang limitasi dosis radiasi untuk pekerja radiasi dan masyarakat umum.

Research has been conducted on the estimation of the rate of radiation doses that pass through the primary and secondary walls, based on the workload of the Co-60 teletherapy instrument in the radiotherapy installation of RSUP. Dr. M. Djamil Padang. The research using secondary data, that are the patient dose and radiation workers for the January-June 2019 period and Co-60 wall design data. The method of calculation was analytic equations from Safety Report Series (SRS) International Atomic Energy Agency (IAEA) No. 47. The result show that the workload value of Co-60 ranges from (6.4-288) Gy m² week. This value was still lower than the recommendation of NCRP No. 49. The results of the calculation of the estimated radiation dose rate that passes through the primary wall obtained ranged between (5.35×10^{-9} - 1.99×10^{-6}) Sv per week, while through the secondary wall due to the leakage of radiation ranged between (2.27×10^{-14} - 2.41×10^{-6}) Sv per week and through the secondary wall due to scattering radiation ranged between (1.56×10^{-17} - 1.94×10^{-9}) Sv per week. The estimated value of the radiation dose obtained is still lower than the value of dose limit (NBD) determined by BAPETEN No. 3 of 2013 articles 30 and 31 concerning the limitation of radiation doses for radiation workers and general public.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Radioterapi merupakan teknik pengobatan kanker menggunakan zat radioaktif terbungkus atau pembangkit radiasi pengion. Radioterapi terdiri dari dua jenis teknik pengobatan yaitu teleterapi dan brakhiterapi. Teleterapi adalah pengobatan radioterapi dengan peralatan pemancar berkas radiasi berada pada jarak tertentu di luar tubuh manusia seperti teleterapi Co-60 dan Linear Accelerator (LINAC), sedangkan brakhiterapi merupakan jenis radioterapi jarak dekat (BAPETEN, 2013).

Penggunaan radioterapi tidak hanya memberikan manfaat kepada pasien tetapi juga berpotensi menimbulkan efek radiasi bagi pekerja radiasi, masyarakat umum dan lingkungan (BAPETEN, 2013). Efek radiasi yang diterima pekerja radiasi dan masyarakat umum dapat diminimalisir dengan desain ruangan yang protektif terhadap radiasi. Dalam hal ini, dinding ruangan akan berperan sebagai proteksi radiasi terhadap paparan radiasi.

Paparan radiasi yang diterima pekerja radiasi dan masyarakat umum tidak boleh melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan BAPETEN. Berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi pasal 30 dan 31 menyebutkan, NBD untuk pekerja radiasi tidak boleh melampaui rata-rata 20 mSv (millisievert) per tahun, selama 5 tahun berturut-turut dan 50 mSv dalam 1 tahun tertentu. NBD untuk anggota masyarakat tidak boleh melampaui 1 mSv dalam 1 tahun.

Instalasi radioterapi dibangun sesuai dengan desain persyaratan proteksi yang direkomendasikan oleh Safety Report Series (SRS) International Atomic Energy Agency (IAEA) No. 47 tentang perlindungan radiasi dalam desain fasilitas radioterapi. Instalasi radioterapi beroperasi sesuai dengan beban kerja pesawat terapi berdasarkan rekomendasi National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) No. 49 agar meningkatkan keselamatan radiasi dalam penggunaan radioterapi, dan mengurangi paparan radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi, masyarakat umum dan lingkungan.

Penelitian yang berhubungan dengan perancangan dan evaluasi desain ruangan serta estimasi laju dosis radiasi di instalasi radioterapi telah dilakukan oleh Kristiyanti dkk. (2012) tentang perancangan ruangan radioterapi eksternal menggunakan sumber Co-60. Metode perhitungan pada penelitian tersebut berdasarkan SRS No. 47 IAEA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber isotop Co-60 dengan aktivitas 8.000 Ci didapatkan ketebalan dinding primer 1.300 mm dan sekunder 610 mm sebagai penahan radiasi. Arifin dkk. (2015) melakukan penelitian tentang estimasi laju dosis radiasi di luar dinding penyinaran pesawat Co-60 instalasi radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju dosis radiasi di luar ruang penyinaran berkisar antara (0,24-0,46) mSv per tahun.

Radiasi terdiri dari dua macam yaitu radiasi primer dan sekunder. Radiasi primer adalah radiasi yang dipancarkan langsung dari peralatan yang digunakan untuk terapi pasien. Radiasi sekunder adalah radiasi tersebar dari kemungkinan bocoran kepala pesawat terapi dan hamburan dari pasien pada saat penyinaran (NCRP, 2005). Pelindungan untuk proteksi radiasi terhadap radioterapi dibedakan menjadi dua kategori yaitu pelindung sumber radiasi dan pelindung struktural. Pelindung struktural yaitu dinding penahan paparan radiasi, dibedakan menjadi dinding perisai primer dan sekunder. Perisai primer adalah bagian dinding yang langsung terkena penyinaran radiasi, sedangkan perisai sekunder yaitu bagian dinding yang terkena radiasi dari radiasi bocor dan radiasi hambur (Cember, 1983).

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer dan sekunder berdasarkan beban kerja pesawat teleterapi Co-60 per minggu. Perhitungan estimasi laju dosis radiasi yang dilakukan berdasarkan pada perhitungan analitik SRS No. 47 IAEA dan ditinjau berdasarkan NBD Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013. Perhitungan estimasi laju dosis radiasi dihitung berdasarkan data desain perisai dinding primer dan sekunder ruangan pesawat teleterapi Co-60 serta beban kerja pesawat per minggu. Istilah beban kerja pesawat (W) digunakan untuk memberikan berapa indikasi keluaran radiasi per minggu dari pesawat terapi sumber sinar-X eksternal dan sumber sinar gamma. Pesawat radioterapi mempunyai beban kerja berbeda-beda tergantung jumlah pasien, dosis radiasi diberikan saat penyinaran dan jarak sumber radiasi dengan pasien yang diberikan (NCRP, 2005). Penelitian bermanfaat sebagai proteksi

radiasi untuk pekerja radiasi, masyarakat umum dan lingkungan di instalasi radioterapi agar memenuhi Perka BAPETEN No. 3 Tahun 2013.

II. METODE

Penelitian menggunakan data sekunder berupa data dosis radiasi pasien dan TLD dosis pekerja radiasi periode Januari-Juni 2019, serta data desain dinding perisai ruangan penyinaran teleterapi Co-60. Data dosis radiasi pasien digunakan untuk menghitung nilai beban kerja pesawat (W) per minggu, data desain perisai ruangan teleterapi Co-60 digunakan untuk menghitung estimasi laju dosis radiasi (P) yang lolos melalui dinding primer dan sekunder akibat radiasi bocor dan hambur berdasarkan beban kerja pesawat. Perhitungan menggunakan persamaan analitik dari SRS No. 47 IAEA. Data TLD dosis pekerja radiasi dibandingkan dengan nilai estimasi laju dosis radiasi yang terhitung dan kedua hasil tersebut akan ditinjau berdasarkan NBD BAPETEN No.3 Tahun 2013.

2.1 Perhitungan Nilai Beban Kerja Pesawat Per Minggu

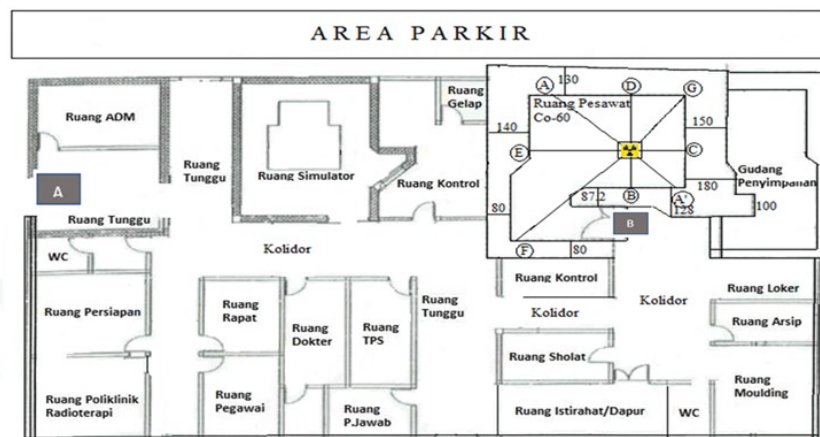
Nilai beban kerja pesawat per minggu dihitung berdasarkan data dosis radiasi pasien per hari dandiakumulasikan menjadi laju dosis radiasi per minggu. Data dosis radiasi pasien diperoleh dari data rekam medik masing-masing di instalasi radioterapi. Beban kerja pesawat per minggu dihitung menggunakan Persamaan 1 (IAEA, 2006).

$$W = (X) \left(\frac{SAD}{1} \right)^2 \quad (1)$$

W adalah beban kerja pesawat per minggu pada jarak 1 meter, X adalah jumlah dosis radiasi pasien per minggu, dan SAD adalah *source axis distance* yaitu jarak antara sumber radiasi dengan titik *isocentre*.

2.2 Perhitungan Estimasi Laju Dosis Radiasi Berdasarkan Beban Kerja Pesawat Per Minggu

Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer dan sekunder dihitung berdasarkan nilai beban kerja pesawat per minggu dan data desain dinding instalasi radioterapi. Desain instalasi radioterapi serta perisai dinding primer dan sekunder ruangan penyinaran teleterapi Co-60, dan titik perhitungan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Desain instalasi radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang

Berdasarkan Gambar 1, titik perhitungan estimasi laju yang lolos melalui perisai dinding ruangan penyinaran teleterapi Co-60 yaitu dinding primer adalah titik (A, A') dan dinding sekunder adalah titik (B, C, D, E, F, G). Jarak sumber radiasi ke dinding primer dan sekunder diukur menggunakan meteran. Perhitungan estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer dihitung menggunakan Persamaan 2, estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radiasi bocor dihitung menggunakan Persamaan 3, dan estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radiasi hambur dihitung menggunakan Persamaan 4 (IAEA, 2006).

$$P_p = \frac{B_p W U T}{(d_p + SAD)^2} \quad (2)$$

$$P_L = \frac{B_L W T}{10^3 d_L^2} \quad (3)$$

$$P_s = \frac{B_s a W T}{d_{sac}^2 d_{sce}^2 400} \quad (4)$$

P_p , P_L , P_s merupakan laju dosis radiasi primer, laju dosis radiasi sekunder akibat radiasi bocor, laju dosis radiasi sekunder akibat radiasi hambur. B_p , B_L , B_s merupakan atenuasi (redaman) dinding primer, dinding sekunder akibat radiasi bocor dan dinding sekunder akibat radiasi hambur. Nilai-nilai tersebut didapatkan berdasarkan nilai tebal dinding yang digunakan. W adalah beban kerja pesawat per minggu, U merupakan faktor pengguna, T adalah faktor hunian, a merupakan fraksi hamburan, f merupakan luas lapangan penyinaran pasien. d_p , d_{sca} , d_{sce} merupakan jarak sumber radiasi dengan dinding primer, dinding sekunder akibat radiasi bocor dan dinding sekunder akibat radiasi hambur.

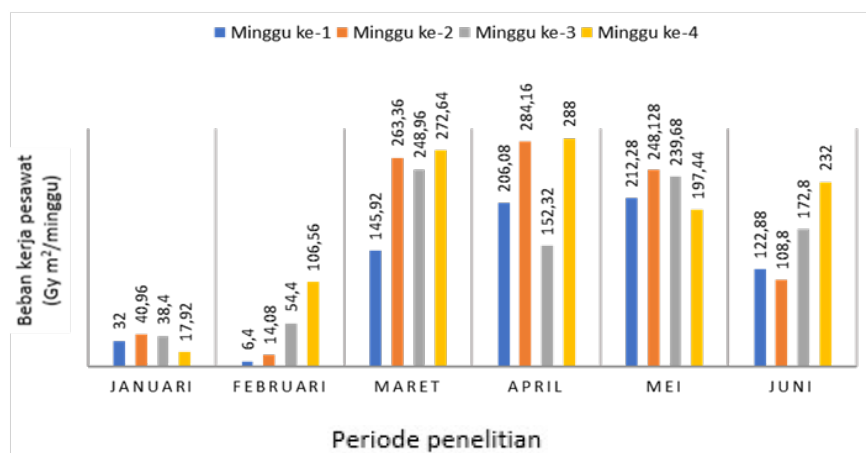
2.3 Perbandingan Estimasi Laju Dosis Radiasi dengan TLD Dosis Pekerja Radiasi

Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer dan sekunder dibandingkan dengan dosis pekerja radiasi. Dosis pekerja radiasi didapatkan dari hasil pembacaan TLD pekerja radiasi oleh PTKMR-BATAN. Pembacaan TLD dilakukan 1 kali dalam 3 bulan. Hasil perbandingan estimasi laju dosis radiasi dengan TLD pekerja radiasi ditinjau berdasarkan NBD BAPETEN No.3 Tahun 2013.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Nilai Beban Kerja Pesawat Teleterapi Co-60 Per Minggu

Nilai beban kerja pesawat per minggu didapatkan dari data dosis radiasi pasien per hari yang diakumulasikan menjadi per minggu dan dihitung menggunakan Persamaan 1. Nilai beban kerja pesawat dipengaruhi oleh jumlah pasien, dosis radiasi yang diberikan kepada masing-masing pasien dan jarak sumber radiasi dengan titik target atau isocentre. Nilai beban kerja pesawat teleterapi Co-60 per minggu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik beban kerja pesawat teleterapi Co-60 periode Januari-Juni 2019

Berdasarkan Gambar 2 nilai beban kerja pesawat teleterapi Co-60 per minggu adalah fluktuatif. Nilai beban kerja pesawat tertinggi pada bulan April minggu ke-4, sedangkan nilai terendah berada pada bulan Februari minggu ke-1. Berdasarkan Persamaan 1 nilai beban kerja pesawat

perminggu sebanding dengan jumlah pasien, besar dosis per pasien dan jarak sumber radiasi dengan titik target atau isocentre. Nilai beban kerja pesawat per minggu berkisar antara (6,4-288) Gy m² per minggu. Hasil ini masih berada di bawah nilai yang direkomendasikan oleh NCRP No. 49 yaitu pada SSD/SAD 80 cm nilai beban kerja pesawat per minggu adalah 40.000 R m² per minggu atau sama dengan 350,8 Gy m² per minggu dengan jumlah pasien 32 pasien per hari. Pada penelitian ini, jumlah pasien per hari radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang periode Januari-Juni tertinggi berjumlah 30 orang pada tanggal 23 April 2019.

3.2 Estimasi Laju Dosis Radiasi yang Lolos Melalui Dinding Primer dan Sekunder

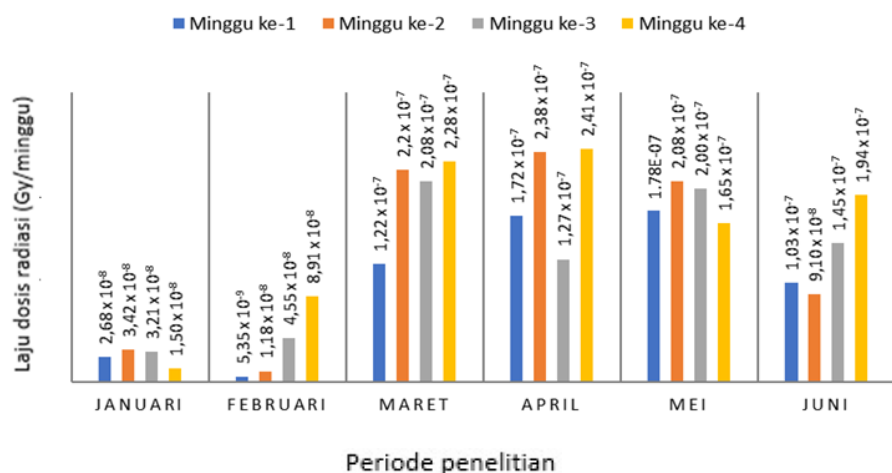
Nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer dan sekunder dihitung berdasarkan nilai beban kerja pesawat dan desain ruang teleterapi Co-60. Desain tersebut meliputi tebal dinding perisai, jarak sumber radiasi ke dinding perisai dan nilai faktor pengguna dan hunian. Data desain ruangan pesawat teleterapi Co-60 berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data desain ruangan pesawat teleterapi Co-60

No.	Jenis Dinding	Ket. Dinding	Tebal Dinding (m)	Jarak Sumber Radiasi (d) ke Dinding (m)	Faktor Pengguna (U)	Faktor Hunian (T)
1.	A	Primer	1,3	3,709	0,25	0,0625
2.	A'	Primer	1,28	2,684	0,25	0,25
3.	B	Sekunder	0,872	1,845	0,25	0,25
4.	C	Sekunder	1,5	2,62	0,25	0,25
5.	D	Sekunder	1,3	2,635	0,25	0,0625
6.	E	Sekunder	1,4006	3,08	0,25	1/4
7.	F	Sekunder	0,8	5,058	0,25	1
8.	G	Sekunder	1,9849	3,72	0,25	0,0625

3.2.1 Estimasi Laju Dosis Radiasi yang Lolos Melalui Dinding Primer

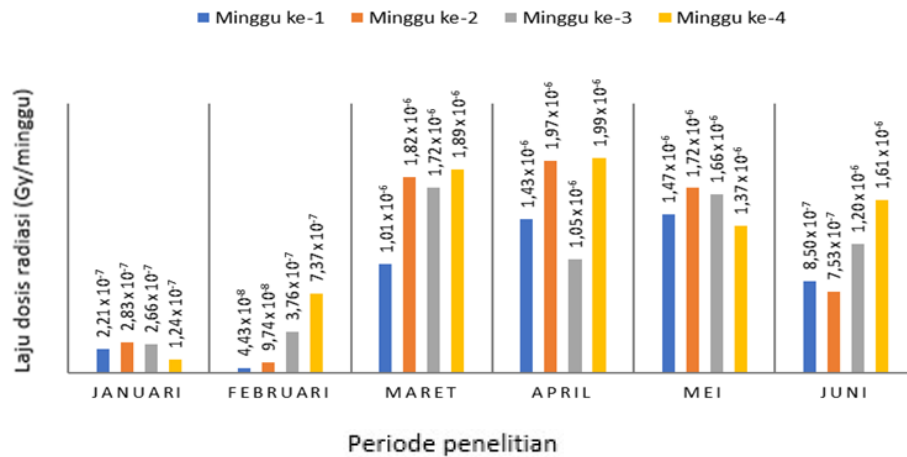
Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer (A, A') dihitung berdasarkan data desain ruang pesawat teleterapi Co-60 dan nilai beban kerja pesawat per minggu menggunakan Persamaan 2. Nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding perisai dipengaruhi oleh jarak sumber radiasi ke dinding, tebal dinding dan besar beban kerja pesawat per minggu. Hasil nilai estimasi laju dosis radiasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Grafik estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer A

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer (A, A') berdasarkan beban kerja pesawat teleterapi Co-60 per minggu adalah fluktuatif. Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer (A, A') tertinggi pada bulan April minggu ke-4 dan terendah pada bulan Februari minggu ke-1. Hasil menunjukkan estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding perisai sebanding dengan nilai beban kerja pesawat per minggu.

Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer (A, A') berkisar antara ($5,35 \times 10^{-9}$ – $1,99 \times 10^{-6}$) Gy per minggu. Hasil ini menunjukkan bahwa, nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer yang diterima oleh pekerja maupun masyarakat umum masih berada di bawah nilai batas dosis (NBD) yang ditetapkan oleh BAPETEN No. 3 Tahun 2013.



Gambar 4 Grafik estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer A'

3.2.2 Estimasi Laju Dosis Radiasi yang Lolos Melalui Dinding Sekunder Akibat Radiasi Bocor dan Hambur

Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radiasi bocor dihitung menggunakan Persamaan 3 dan akibat radiasi hambur dihitung menggunakan Persamaan 4. Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radiasi bocor dan hambur dihitung berdasarkan beban kerja pesawat per minggu, tebal dinding perisai dan jarak sumber radiasi dengan dinding perisai. Hasil estimasi laju dosis radiasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Estimasi Laju Dosis Radiasi Pada Dinding Sekunder

No.	Dinding	Estimasi Laju Dosis Radiasi (Sv/minggu)		NBD BAPETEN No. 3 Tahun 2913 (Sv/minggu)	
		Akibat Radiasi Bocor	Akibat Radiasi Hambur	Pekerja Radiasi	Masyarakat umum
1.	B	$4,70 \times 10^{-8}$ - $2,12 \times 10^{-6}$	$4,31 \times 10^{-11}$ - $1,94 \times 10^{-9}$	4×10^{-4}	2×10^{-5}
2.	C	$3,07 \times 10^{-11}$ - $1,38 \times 10^{-9}$	$2,41 \times 10^{-14}$ - $1,08 \times 10^{-12}$		
3.	D	$6,27 \times 10^{-11}$ - $2,82 \times 10^{-9}$	$4,91 \times 10^{-14}$ - $2,21 \times 10^{-12}$		
4.	E	$6,34 \times 10^{-11}$ - $2,85 \times 10^{-9}$	$4,66 \times 10^{-14}$ - $2,10 \times 10^{-12}$		
5.	F	$5,35 \times 10^{-8}$ - $2,41 \times 10^{-6}$	$3,32 \times 10^{-11}$ - $1,49 \times 10^{-9}$		
6.	G	$2,27 \times 10^{-14}$ - $1,02 \times 10^{-12}$	$1,56 \times 10^{-17}$ - $7,00 \times 10^{-16}$		

Berdasarkan Tabel 1 nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radiasi bocor dan hambur adalah fluktuatif. Nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radiasi bocor berkisar antara ($2,27 \times 10^{-14}$ - $2,41 \times 10^{-6}$) Sv/minggu. Nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder akibat radiasi hambur berkisar antara ($1,56 \times 10^{-17}$ - $1,94 \times 10^{-9}$) Sv/minggu. Hasil ini dipengaruhi oleh nilai beban kerja pesawat teleterapi Co-60 per minggu dan jarak sumber radiasi terhadap dinding perisai. Nilai estimasi laju dosis radiasi sebanding dengan nilai beban kerja pesawat per minggu dan berbanding terbalik dengan jarak sumber radiasi ke dinding perisai. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder yang diterima oleh pekerja maupun masyarakat umum masih berada di bawah NBD yang ditetapkan oleh BAPETEN No. 3 Tahun 2013.

3.3 Perbandingan Data TLD Dosis Pekerja Radiasi dengan Nilai Estimasi Laju Dosis Radiasi Ditinjau Berdasarkan NBD

Nilai estimasi laju dosis radiasi yang dibandingkan dengan data TLD pekerja radiasi adalah dosis radiasi yang lolos melalui dinding sekunder F. Dinding ini dijadikan sebagai pembanding pada penelitian karena selama proses penyinaran pekerja radiasi berada di ruang kontrol atau dibalik dinding F sebagai operator. Estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding F diakumulasikan menjadi 3 bulan. Hal ini disesuaikan dengan hasil pembacaan TLD dosis pekerja radiasi yaitu dievaluasi 1 kali dalam 3 bulan oleh PTKMR-BATAN. Perbandingan dosis pekerja radiasi yang terukur menggunakan TLD dengan estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding F dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan Estimasi Laju Dosis Radiasi dengan Dosis TLD Pekerja Radiasi

No.	Periode Pemakaian TLD	Inisial Pekerja Radiasi	Laju Dosis Radiasi (mSv/3 bulan)			NBD BAPETEN No. 3 Tahun 2013 (mSv/ 3 bulan)
			TLD	Dinding F		
				Radiasi bocor	Radiasi hambur	
1.	Januari-Maret 2019	SS	0,54	$1,04 \times 10^{-2}$	$6,44 \times 10^{-7}$	5
		RA	0,54			
		YRR	1,1			
		M	0,56			
2.	April-Juni 2019	SS	0,35	$2,06 \times 10^{-2}$	$1,28 \times 10^{-6}$	
		RA	0,43			
		YRR	0,43			
		M	0,4			

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai dosis radiasi yang terukur menggunakan TLD lebih besar dari pada nilai estimasi laju dosis radiasi berdasarkan perhitungan. Hal ini disebabkan beberapa faktor yaitu waktu dan jarak sumber radiasi dengan pekerja radiasi. Semakin lama pekerja radiasi berada di dekat sumber radiasi yang aktif maka jumlah dosis radiasi yang diterima oleh tubuh dan terukur oleh TLD akan semakin besar. Faktor lain disebabkan karena pekerja radiasi juga mendapatkan paparan radiasi dari CT Simulator. Berdasarkan nilai TLD dosis pekerja radiasi tersebut, dosis radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi masih berada di bawah NBD yang direkomendasikan oleh BAPETEN No.3 Tahun 2013.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai beban kerja pesawat teleterapi Co-60 periode Januari-Juni 2019 masih berada di bawah rekomendasi NCRP No.49. Nilai estimasi laju dosis radiasi yang lolos melalui dinding primer dan sekunder akibat radiasi bocor dan hambur serta nilai TLD dosis pekerja radiasi, masih berada di bawah nilai batas dosis yang ditetapkan oleh BAPETEN No.3 Tahun 2013 yaitu dosis efektif untuk pekerja radiasi masih berada di bawah nilai 20 mSv per tahun dan untuk masyarakat umum masih di bawah nilai 1 mSv per tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Instalasi dan Staff Radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, S., Milvita, D., Nuraeni, N., dan Yuliati, H., Pemetaan Laju Dosis Radiasi Menggunakan TLD-100 dengan Sumber Radiasi Cobalt-60 di Instalasi Radioterapi RSUP. Dr. M. Djamil Padang, *Jurnal Fisika Unand*, 4(3), hal.208-211, 2015.

- BAPETEN, *Peraturan Kepala BAPETEN No.3 Tahun 2013 tentang Keselamatan Radiasi dalam Penggunaan Radioterapi*, (Jakarta, 2013)
- BAPETEN, *Peraturan Kepala BAPETEN No.4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir*, (Jakarta, 2013).
- Cember, H., *Introduction to Health Physics*, McGraw-Hill Publishing Company Ltd., (New Delhi, 1983)
- IAEA, *Radiation Protection in The Design of Radiotherapy Facilities*, Safety Report Series No. 47, (Vienna, 2006).
- Kristiyanti, Santoso, B., Jalil, A., dan Sukandar, Perancang Ruangan Radioterapi Eksternal Menggunakan Co-60, *Jurnal Perangkat Nuklir*, 06(02), hal.95-101, 2012.
- NCRP, *Structural Shielding Design and Medical Use of X Rays and Gamma Rays of Energies Up To 10 MeV*, NCRP No. 49, (Washington, 1976).
- NCRP, *Structural Shielding Design And Evaluation for Megavoltage X and Gamma Ray Radiotherapy Facilities*, NCRP No. 151, (Maryland, 2005).