

Verifikasi Nilai Dosis Radiasi Berkas Elektron Pesawat LINAC dengan Luas Lapangan Blok *Cerrobend* (6×6) cm² dan (8×8) cm² Berdasarkan Protokol IAEA TRS 398

Fransischa Ramona^{1,*}, Dian Milvita¹, Fiqi Diyona²

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

²Rumah Sakit Universitas Andalas, Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 3 Januari 2020
Direvisi: 9 Januari 2020
Diterima: 16 Januari 2020

Kata kunci:

Cerrobend
LINAC
Treatment Planning System
IAEA TRS 398

Keywords:

Cerrobend
LINAC
Treatment Planning System
IAEA TRS 398

Penulis Korespondensi:

Fransischa Ramona
Email:
fransischa.ramona@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian verifikasi nilai dosis radiasi berkas elektron pesawat LINAC dengan luas lapangan blok *cerrobend* (8×8) cm², (6×6) cm² dan tanpa blok (10×10) cm². Penelitian bertujuan memperoleh nilai dosis radiasi menggunakan blok *cerrobend* dan tanpa blok agar sesuai dengan dosis radiasi *Treatment Planning System* (TPS) dan batas toleransi yang ditetapkan protokol IAEA TRS 398 yaitu ±2%. Pada penelitian digunakan energi berkas elektron (4, 6, 9, dan 12) MeV menggunakan *slab phantom* dengan detektor ionisasi *chamber plane parallel*. Ketebalan blok *cerrobend* yang digunakan adalah 1,83 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis radiasi yang dihasilkan menggunakan blok *cerrobend* lebih tinggi daripada tanpa menggunakan blok *cerrobend*. Hal ini karena semakin luas ukuran lapangan radiasi, maka akan semakin rendah dosis radiasi yang diterima dan semakin banyak radiasi hambur terjadi. Nilai deviasi dosis radiasi yang terukur pada *slab phantom* terhadap dosis radiasi TPS masih memenuhi toleransi yang ditetapkan oleh protokol IAEA TRS 398 yaitu -0,81 % sampai dengan 1,36%.

Verification of radiation values of instrument LINAC electron beam with field size of the cerrobend block (8×8) cm², (6×6) cm² and without block (10×10) cm² has been conducted. This study aims to get the value of radiation dose using cerrobend blocks and without block to equal with dose radiation Treatment Planning System (TPS) and the tolerance limits established protocol IAEA TRS 398 which is ± 2%. The study use electron beam energy (4, 6, 9, and 12) MeV using slab phantom with ionization chamber plane parallel detectors. The thickness of the cerrobend block use 1.83 cm. The results show that using cerrobend block produce a greater dose radiation than without block. This due to the larger the size of the radiation field, the lower the dose received and the more scattering radiation. Deviation value dose radiation of measurement in slab phantom to dose radiation TPS still within the tolerance by protocol IAEA TRS 398 that is -0.81% to 1.36%.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Radioterapi merupakan tindakan medis menggunakan radiasi pengion untuk pengobatan kanker. Pesawat *Linear Accelerator* (LINAC) merupakan salah satu peralatan radioterapi berupa radiasi eksternal (teleterapi) untuk pengobatan pasien kanker. Teleterapi merupakan terapi radiasi dengan sumber radiasi terletak pada suatu jarak tertentu dari tubuh pasien. LINAC adalah sebuah perangkat yang menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi untuk mempercepat partikel bermuatan seperti elektron agar menghasilkan energi yang lebih tinggi melalui tabung linear. Elektron berenergi tinggi digunakan untuk mengobati kanker pada kedalaman dangkal, atau elektron tersebut ditembakkan pada target sehingga menghasilkan foton untuk mengobati kanker pada kedalaman yang cukup jauh (Khan, 2014).

Terapi elektron LINAC dilengkapi dengan aplikator yang berfungsi untuk menyetarakan berkas elektron yang cenderung bergerak menyebar. Hamburan berkas elektron yang keluar dari aplikator elektron akan mempengaruhi distribusi dosis radiasi pada pasien, kontribusi radiasi untuk pasien akan berpengaruh terhadap dosis radiasi organ target dan jaringan sehat. Perlindungan jaringan sehat disekitar penyinaran jaringan kanker untuk terapi elektron menggunakan blok individual. Blok individual merupakan alat bantu yang digunakan untuk membatasi luas lapangan penyinaran yang dapat dibuat secara manual menyesuaikan bentuk lapangan pada penyinaran. Blok individual yang banyak digunakan adalah bahan *cerrobend*. *Cerrobend* terdiri dari 50% bismuth, 26,7% timbal, 13,3% timah, 10% cadmium. Keuntungan utama penggunaan *cerrobend* dibandingkan blok timbal yaitu titik didih *cerrobend* berkisar pada temperatur 70°C sedangkan pada blok timbal titik didihnya mencapai 327°C. Hal tersebut menyebabkan *cerrobend* relatif lebih mudah dibentuk dibandingkan timbal. Selain itu, pada temperatur ruang, *cerrobend* lebih keras dibandingkan timbal dan harga *cerrobend* tidak mahal (Khan, 2014).

Penelitian perlu dilakukan untuk mengetahui nilai keluaran dosis radiasi yang dihasilkan dari berkas elektron menggunakan blok *cerrobend*. Penggunaan blok *cerrobend* akan berpengaruh dalam perhitungan dosis radiasi yang akan diberikan dalam terapi. Blok *cerrobend* yang berfungsi sebagai *shielding* terhadap jaringan sehat mengurangi luas lapangan radiasi. Pada saat penyinaran, blok tersebut akan menghasilkan nilai dosis radiasi yang berbeda antara dosis *Treatment Planning System* (TPS) dengan perlakuan saat penyinaran menggunakan blok sehingga perlu dilakukan verifikasi dosis radiasi. Verifikasi dosis radiasi bertujuan untuk memastikan ketepatan dosis radiasi yang diberikan kepada pasien sudah tepat dan sesuai dengan perencanaan. Protokol IAEA TRS 398 merekomendasikan bahwa dosis radiasi yang diterima target memiliki toleransi kesalahan ±2%.

Penelitian menggunakan blok *cerrobend* telah dilakukan oleh Heru dkk. (2017) tentang verifikasi nilai dosis terhadap variasi luas lapangan blok elektron pada energi 6 MeV dan 9 MeV. Penelitian menggunakan variasi luas lapangan (6×6) cm², (8×8) cm², dan (10×10) cm². Nilai dosis radiasi TPS dengan dosis radiasi pengukuran belum melebihi batas toleransi protokol IAEA TRS 398. Penelitian menggunakan blok *cerrobend* juga telah dilakukan oleh Setiawati (2018) dengan menggunakan ukuran blok dan lokasi blok yang berbeda. Energi yang digunakan adalah (5, 7, 8, dan 10) MeV dengan ukuran (4×10) cm², (5×8) cm², (8×15) cm², dan (10×12) cm². Hasil penelitian menunjukkan keluaran radiasi pada ukuran dan lokasi blok dengan deviasi kurang dari 2% bisa direkomendasikan untuk terapi klinis pada lapangan persegi.

Indriyana dkk (2014) telah melakukan penelitian tentang analisis dosis serap relatif berkas elektron dengan variasi ketebalan blok *cerrobend* pada pesawat LINAC. Variasi ketebalan blok (0, 2, 4, 6, 8, dan 10) mm menggunakan energi elektron (5, 10, dan 14) MeV yang dilakukan pada kedalaman 0 mm sampai 100 mm. Hasil yang didapatkan nilai dosis serap relatif menurun dengan peningkatan ketebalan blok dan kedalaman terget karena terjadi interaksi elektron dengan atom penyusun *cerrobend*.

II. METODE

Penelitian dilakukan di Instalasi Radioterapi RS Unand. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pesawat terapi LINAC tipe CX sebagai sumber menghasilkan berkas elektron, *blue phantom* sebagai pengganti pasien pada pengukuran *Percentage Depth Dose* (PDD), *slab phantom* sebagai pengganti pasien untuk mengukur dosis radiasi menggunakan blok *cerrobend*. Elektrometer

digunakan untuk membaca muatan yang mengalir pada detektor ionisasi *chamber plane parallel*. Detektor ion *chamber referensi* dan *field* digunakan sebagai detektor dalam pengukuran PDD.

2.1 Pengukuran PDD Berkas Elektron

Pengukuran PDD dilakukan menggunakan *blue phantom* yang telah berisi *aquades*. *Blue phantom* tersebut dihubungkan dengan detektor ionisasi *chamber reference* dan *field*. Penyinaran dilakukan pada energi (4, 6, 9, dan 12) MeV. Hasil pengukuran PDD ditampilkan pada komputer dalam bentuk kurva. Nilai parameter dosimetri yang ditentukan dari kurva PDD adalah R_{50} , R_{ref} dan PDD R_{ref} yang digunakan untuk pengolahan data pengukuran dosis radiasi *slab phantom*.

2.2 Pengukuran Dosis Radiasi pada *Slab Phantom*

Faktor koreksi suhu (K_{TP}) dan tekanan terlebih dahulu dilakukan sebelum dilakukan penyinaran. Faktor koreksi tersebut dilakukan dengan cara mengukur nilai tekanan udara pada saat pengukuran berlangsung (P) dengan tekanan referensi (P_0) sebesar 101,325 kPa dan nilai temperatur (T) dengan temperatur referensi (T_0) sebesar 20 °C. Nilai faktor koreksi K_{TP} dihitung menggunakan persamaan (1).

$$K_{TP} = \frac{(273,2 + T)P_0}{(273,2 + T_0)P} \quad (1)$$

Pengukuran nilai dosis radiasi dilakukan dengan menggunakan detektor ionisasi *chamber plane parallel* pada *slab phantom* dengan *Source Surface Distance* (SSD) 100 cm. Pengukuran dilakukan menggunakan aplikator (10×10) cm² dengan ukuran blok *cerrobend* (8×8) cm², (6×6) cm², dan tanpa blok (10×10) cm². Energi yang digunakan (4, 6, 9, dan 12) MeV dengan dosis radiasi TPS 200 cGy. Nilai dosis radiasi yang terukur detektor dihitung menggunakan persamaan (2).

$$D_{maks} = \frac{M_Q \cdot N_{D,W,Q} \cdot K_{Q,Q_0}}{PDD} \quad (2)$$

Nilai M_Q dihitung dengan menggunakan persamaan (3)

$$M_Q = M \cdot K_{TP} \quad (3)$$

D_{maks} adalah dosis serap radiasi pada kedalaman maksimum (Gy), M_Q adalah bacaan dosimeter terkoreksi (nC), M adalah muatan rata-rata hasil pengukuran, $N_{D,W,Q}$ adalah faktor kalibrasi detektor dengan berkas sinar gamma Co-60 (Gy) adalah 0,08531 Gy/nC, dan K_{Q,Q_0} adalah faktor koreksi berkas elektron.

2.3 Perbandingan Dosis Radiasi *Slab Phantom* terhadap Dosis Radiasi TPS

Perbandingan dosis radiasi *slab phantom* terhadap dosis radiasi TPS didapatkan nilai deviasinya yang dihitung menggunakan Persamaan (4). Nilai deviasi ini dibandingkan dengan acuan yang digunakan yaitu protokol IAEA TRS 398 yang menyatakan bahwa batas nilai toleransi sebesar ± 2%.

$$Deviasi = \frac{D_{pengukuran} - D_{TPS}}{D_{TPS}} \times 100\% \quad (4)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 *Percentage Depth Dose* (PDD) Berkas Elektron

Hasil pengukuran PDD berkas elektron digunakan untuk menentukan parameter dosimetri yang ditunjukkan pada Tabel 1. PDD bergantung pada energi, jarak sumber ke permukaan, kedalaman, dan lapangan radiasi. Semakin tinggi energi suatu sinar yang digunakan maka akan semakin dalam pula daya penetrasinya. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh radiasi hambur yaitu semakin tinggi energi yang digunakan, maka sedikit radiasi hambur yang terjadi (Susworo, 2007).

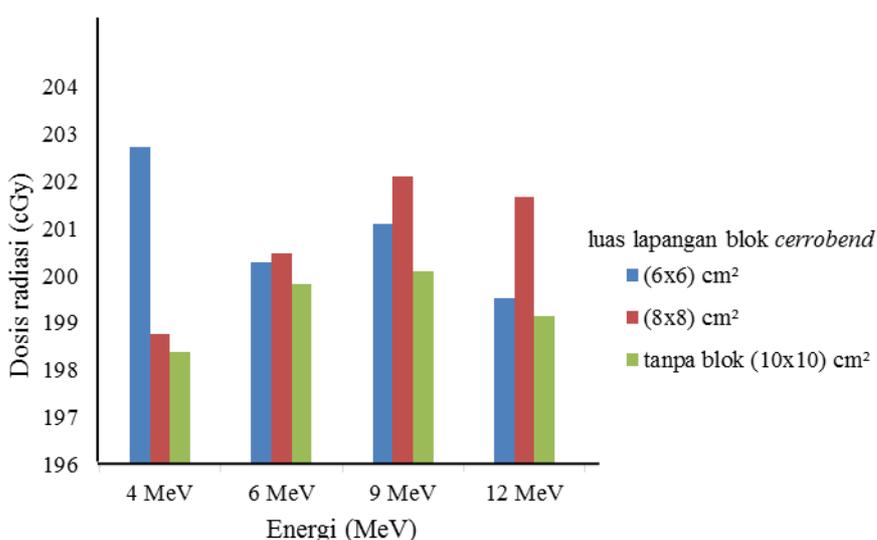
Tabel 1 Parameter dosimetri energi (4, 6, 9, dan 12) MeV

No	Energi (MeV)	R ₅₀ (cm)	K _{Q,Q0}	R _{ref} (cm)	PDD R _{ref} (%)
1	4	1,42	0,955	0,7	99,76
2	6	2,44	0,938	1,3	99,93
3	9	3,65	0,924	2,1	99,90
4	12	5,03	0,912	2,9	100

Nilai R₅₀ digunakan untuk mengetahui nilai faktor koreksi kualitas berkas elektron (K_{Q,Q0}). Semakin besar energi elektron maka semakin besar juga nilai R₅₀ karena daya tembus yang semakin besar. Berbeda dengan nilai R₅₀, semakin besar energi yang digunakan maka akan semakin kecil nilai, karena semakin banyaknya energi yang digunakan untuk berinteraksi dengan atom target semakin besar (Setiawati dkk, 2018). Nilai R_{ref} digunakan sebagai posisi penempatan detektor *plane parallel* pada *slab phantom*. Penempatan detektor setiap energi elektron berbeda karena daya tembus setiap energi elektron juga berbeda. Semakin besar energi elektron maka kedalaman R_{ref} yang dicapai juga semakin besar. Nilai PDD yang digunakan dalam proses perhitungan pada persamaan (2) adalah nilai PDD pada kedalaman referensi (PDD R_{ref}) untuk mendapatkan nilai dosis radiasi maksimum (D_{maks}).

3.2 Pengukuran Dosis Radiasi pada *Slab Phantom*

Penggunaan blok *cerrobend* mempengaruhi dosis radiasi yang diterima *slab phantom* yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dosis radiasi yang dihasilkan menggunakan blok *cerrobend* lebih tinggi daripada tanpa menggunakan blok. Menurut Susworo (2007) semakin luas ukuran lapangan radiasi, maka akan semakin rendah dosis radiasi yang diterima. Pada energi 4 MeV didapatkan hasil dosis radiasi yang sesuai dengan Susworo (2007). Namun pada energi 6 MeV, 9 MeV, dan 12 MeV didapatkan hasil dosis radiasi fluktuatif yaitu terjadi kenaikan dosis radiasi pada ukuran lapangan blok (8×8) cm². Dosis radiasi pada ukuran lapangan blok (8×8) cm² seharusnya mengalami penurunan atau dosis radiasi pada ukuran lapangan blok (6×6) cm² seharusnya mengalami kenaikan.



Gambar 1 Grafik perbandingan dosis radiasi terhadap energi dan luas lapangan blok *cerrobend*

Dosis radiasi yang fluktuatif disebabkan oleh beberapa hal pada saat penyinaran. Energi elektron yang diserap oleh blok *cerrobend* juga berbeda tergantung dari luas blok yang digunakan, maka dari itu dapat berpengaruh ke hasil bacaan detektor. Muatan yang diterima detektor *plane parallel* pada saat penyinaran energi elektron pertama mempengaruhi penyinaran pada energi elektron berikutnya.

3.3 Perbandingan Dosis Radiasi *Slab Phantom* terhadap Dosis Radiasi TPS

Dosis radiasi pada *slab phantom* diperoleh dari pengolahan data, sedangkan dosis radiasi TPS sebagai acuan dalam pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2. Perbedaan dosis radiasi yang terukur

dengan TPS disebabkan elektron sebagai partikel bermuatan ada berinteraksi dengan filter perata (*flattening filter*), ionisasi, kolimator, aplikator, dan udara. Hal ini menyebabkan energi yang sampai ke fantom berkurang. Penggunaan blok *cerrobend* dalam penyinaran mempengaruhi radiasi hambur, karena blok *cerrobend* mengurangi luas lapangan radiasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai deviasi antara dosis radiasi TPS terhadap dosis radiasi (D_{maks}) terjadi pada semua energi elektron dan semua ukuran lapangan blok yang digunakan. Nilai deviasi tertinggi pada energi 4 MeV dengan dengan ukuran blok (6×6) cm² yaitu 1,36%, sedangkan nilai deviasi terkecil pada energi 4 MeV dengan tanpa blok (10×10) cm² yaitu -0,81%. Deviasi dosis radiasi yang didapatkan masih memenuhi protokol IAEA TRS 398 yaitu ±2.

Tabel 2 Nilai deviasi antara dosis radiasi pada *slab phantom* dan dosis radiasi TPS

No	Energi (MeV)	Luas lapangan blok <i>cerrobend</i> (cm ²)	D_{maks} (cGy)	Dosis TPS (cGy)	Deviasi (%)	Standar IAEA TRS 398
1	4	(6×6)	202,73	200	1,36	±2%
		(8×8)	198,76		-0,62	
		Tanpa blok (10×10)	198,37		-0,81	
2	6	(6×6)	200,28	200	0,14	±2%
		(8×8)	200,48		0,24	
		Tanpa blok (10×10)	199,42		-0,09	
3	9	(6×6)	201,11	200	0,55	±2%
		(8×8)	202,11		1,05	
		Tanpa blok (10×10)	200,08		0,04	
4	12	(6×6)	199,52	200	-0,42	±2%
		(8×8)	201,68		0,84	
		Tanpa blok (10×10)	199,52		-0,24	

Deviasi negatif menunjukkan bahwa nilai dosis radiasi pengukuran lebih kecil dibandingkan dosis radiasi pada saat TPS, atau disebut dengan *underdose*, sedangkan deviasi positif menunjukkan bahwa dosis radiasi pengukuran lebih besar dari dosis radiasi TPS, atau disebut dengan *overdose*.

IV. KESIMPULAN

Nilai dosis radiasi yang dihasilkan menggunakan blok *cerrobend* lebih tinggi daripada nilai dosis radiasi tanpa blok *cerrobend*. Semakin luas lapangan radiasi maka akan semakin rendah dosis radiasi yang diterima. Hal ini terjadi karena semakin besar luas lapangan maka akan semakin besar radiasi hambur. Nilai deviasi perbandingan dosis radiasi pada *slab phantom* terhadap dosis radiasi TPS masih memenuhi standar protokol IAEA TRS 398 yaitu ±2%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Instalasi dan Staff Radioterapi Rumah Sakit Universitas Andalas yang telah menyediakan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat terlaksana, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Heru, N.S., Saraswati, A., Tarigan A., dan Samsun, Verifikasi Nilai Dosis terhadap Variasi Lapangan Blok Elektron pada Energi 6 MeV dan 9 MeV Pesawat LINAC Varian (CLINAC IX-SN4740), *Prosiding Pertemuan dan Persentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, Editor : Kusminarto, hal 293-298, Yogyakarta, 2017.
- IAEA, Technical Report Series No.398-Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, Vienna, Austria, 2000.
- Indriyana L. I., Hidayanto, E., dan Arifin, Z., Analisis Dosis Serap Relatif Berkas Elektron dengan Variasi Ketebalan Blok Cerrobend pada Pesawat *Linear Accelerator*, *Youngster Physics Journal* 3 (3) hal. 231-236, 2014.

Khan, M.F., *The Physics of Radiation Therapy*, The 4th edition, Lippincott Williams and Wilkins, New York, 2014.

Setiawati, E., Ariyanty E., Ramantisan, S., dan Hidayatullah, M., Analysis of Size and Location of Irradiation Block of Electron Linear Accelerator to Radiation Output and Absorbed Dose, *International Journal of Scientific Engineering and Science* 2 (11), hal. 35-38, 2018.

Susworo, *Dasar-Dasar Radioterapi*, Universitas Indonesia, Jakarta, 2000.