

DOI: doi.org/10.21009/03.1101.FA10

PENGARUH ENERGI LINAC TERHADAP RESPON FILM DOSIMETRI GAFCHROMIC

Bestari Laksmi Arafahnti^{1,a)}, Umiatin^{1,b)}, Heru Prasetyo^{2,c)}

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia

²Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Teknologi Keselamatan & Metrologi Radiasi, Jl. Lebak Bulus Raya No.49, RT.3/RW.2, Lb. Bulus, Kec. Cilandak, Jakarta Selatan 12440, Indonesia

Email: ^{a)}arafah.laksmi@gmail.com, ^{b)}umiatin@unj.ac.id, ^{c)}prasetyo@batan.go.id

Abstrak

Penyinaran film gafchromic menggunakan *Linear Accelerator* (Linac) di Rumah Sakit Siloam MRCCC Semanggi telah dilakukan. Untuk mengetahui respon film gafchromic terhadap energi Linac menggunakan berkas foton dengan energi 6MV dan 10MV. Respon film terhadap variasi energi yang diperoleh dari penelitian ini akan digunakan untuk mengetahui distribusi dosis radiasi Linac pada energi 6 dan 10 MV. Luaran dosis absolut pesawat Linac pada penelitian ini dievaluasi menggunakan panduan protokol TRS 398 IAEA. Pengambilan kurva kalibrasi dilakukan dengan menyinari film gafchromic pada kedalaman referensi sesuai dengan energi yang akan dievaluasi. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi kurva kalibrasi untuk penentuan dosis dengan fitting mencapai 1.877% untuk energi 6MV dan 1.616% untuk energi 10MV. Nilai ini masih dalam batas toleransi dari AAPM (*American Association of Physicists in Medicine*) yang merekomendasikan bahwa dosis keluaran berkas oleh mesin berada pada jangkauan ketidakakuratan $\pm 2-3\%$.

Kata-kata kunci: Linear Accelerator, ketidakakuratan, dosis, penyinaran, foton

Abstract

The irradiation of gafchromic film using *Linear Accelerator* (Linac) at Siloam Hospital MRCCC Semanggi has been carried out. To determine the response of gafchromic film to Linac energy using photon beams with energy of 6MV and 10MV. The film's response to the energy variation obtained from this study will be used to determine the distribution of Linac radiation doses at energy 6 and 10 MV. The absolute dose output of the Linac in this study was evaluated using the TRS 398 IAEA protocol guidelines. Calibration curve retrieval is carried out by irradiating the gafchromic film at the reference depth according to the energy to be evaluated. The measurement results showed that the accuracy level of the calibration curve for dosing determination with fittings reached 1,877% for 6MV energy and 1,616% for 10MV energy. This value is still within the tolerance limits of the AAPM (*American Association of Physicists in Medicine*) which recommends that the output dose of the beam by the machine be at the inaccuracy range of $\pm 2-3\%$.

Keywords: Linear Accelerator, inaccuracy, dose, irradiation, photon

PENDAHULUAN

Penyakit kanker merupakan salah satu penyakit mematikan di dunia. Pada tahun 2020, kasus baru kanker naik mencapai 19,3 juta orang dengan 10 juta kematian akibat kanker terjadi. Jika melihat data

10 tahun terakhir, hal ini menjadi tantangan besar untuk dunia kedokteran terutama untuk bidang radioterapi [1].

Radioterapi merupakan metode pengobatan kanker yang menggunakan radiasi pengion (sinar-X). Proses ionisasi ini merupakan hasil interaksi antara radiasi pengion dengan sel kanker yang membuat untai DNA kanker terputus dan menyebabkan kematian sel [2]. Untuk itu perlu diusahakan supaya dosis radiasi yang diberikan pada sel kanker harus terdistribusi secara merata dan sebisa mungkin meminimalisasi dosis radiasi yang jatuh di luar area penyinaran [3].

Pesawat pemercepat elektron (*Linear Accelerator/Linac*) telah digunakan untuk terapi berbagai jenis tumor dan dirancang untuk menghasilkan multi energi berkas foton maupun elektron, sehingga alat ini dapat digunakan untuk berbagai kedalaman letak kanker [4]. *Linear Accelerator* (Linac) merupakan instrumen yang digunakan untuk mempercepat pergerakan elektron. Partikel bermuatan dipercepat dengan diberi medan listrik dan medan magnet sehingga mencapai kecepatan yang sangat tinggi. Partikel yang dipercepat dapat digunakan untuk menghasilkan sinar-X berenergi tinggi [5].

Berdasarkan TRS 398, Air direkomendasikan di IAEA *Codes of Practice* sebagai referensi media untuk pengukuran dosis yang diserap untuk berkas foton dan elektron. fantom yang digunakan harus 5 cm lebih panjang pada keempat sisinya daripada lapangan yang digunakan dan sekurang-kurangnya 5g/cm^2 melebihi kedalaman pengukuran maksimum dengan ukuran luas lapangan penyinaran radiasi pada permukaan fantom (10×10) cm, dan jarak sumber radiasi ke permukaan fantom 100 cm. IAEA merekomendasikan agar dosis yang diberikan dalam terapi pasien memiliki ketidakakuratan yang dapat ditoleransi pada jangkauan $\pm 5\%$, bahkan keluaran radiasinya bisa sampai $\pm 3\%$. Jika keluaran radiasi yang diperoleh $> 3\%$, maka akan memberikan dampak negatif pada pasien.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan menggunakan pesawat terapi Linac Clinac tipe iX 6198 pada energi foton 6 MV dan 10 MV, fantom yang digunakan ialah *solid water phantom* yang merupakan permodelan objek air karena memiliki densitas yang setara dengan air. Detektor film gafchromic yang digunakan ialah jenis EBT3 dengan ukuran $35 \times 43\text{ cm}^2$ dan lapangan irradiasi pada film berukuran $4 \times 4\text{ cm}^2$.



GAMBAR 1. Rangkaian Kalibrasi Film Gafchromic EBT3.

Penyinaran Film dan Digitalisasi

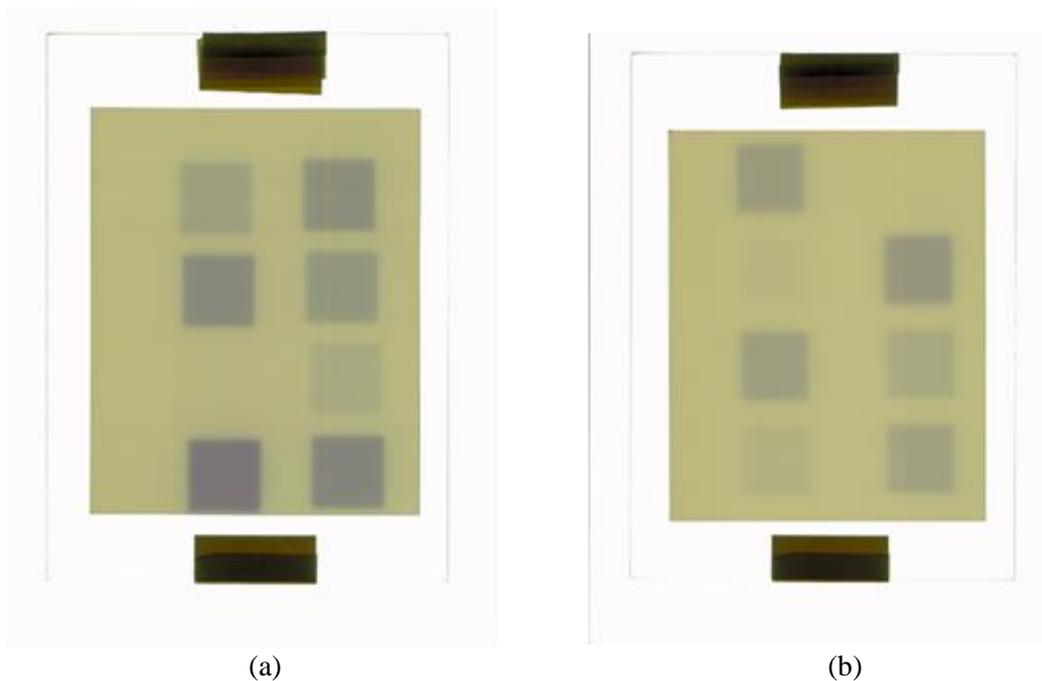
Proses kalibrasi dosis penyinaran dilakukan dengan menggunakan fantom berukuran lapangan $10 \times 10\text{ cm}^2$ dengan kedalaman 10 cm dan SSD 100 cm dan dikonversikan ke kondisi penyinaran film pada lapangan $4 \times 4\text{ cm}^2$. Penyinaran dilakukan untuk energi foton 6 MV dan 10 MV. Untuk setiap energi divariasikan dengan menggunakan jangkauan dosis 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 dan 450 cGy. Setelah dilakukan penyinaran, film gafchromic didiamkan selama 72 jam untuk memastikan proses penghitaman film selesai. Selanjutnya film dipindai dan dibaca menggunakan software MATLAB. Format yang digunakan yaitu resolusi 300 dpi, 48 bit, dan disimpan dalam format file TIFF [6].

Analisis dilakukan untuk mengetahui hubungan antara netOD dengan masing-masing dosis yang digunakan di energi yang berbeda untuk mendapatkan kurva fitting kalibrasi film gafchromic EBT3.

Menurut Sorriaux et al. [8], untuk mengambil nilai dosis dari kerapatan nilai optic yang bersih dapat menggunakan fungsi,

$$Dosis = a \times netOD + b \times netOD^n \quad (1)$$

Dimana a dan b adalah parameter fitting. Istilah n non-linier diperkenalkan untuk memperhitungkan proses saturasi non-linier film pada dosis tinggi. Mengikuti argumen yang sama dari Devic et al., parameter n ditetapkan pada 2,7 untuk energi 6MV dan 7,4 untuk energi 10 MV untuk memberikan hasil yang paling sesuai untuk semua ikatan modal radiasi. Nilai ini sedikit lebih tinggi dari n 2,5 dari Devic,et.al.[9]. Perbedaan ini dijelaskan oleh penggunaan model film yang berbeda (EBT3 alih-alih EBT) dan protokol yang sedikit berbeda (termasuk pemindai yang berbeda).



GAMBAR 2. (a) Hasil penyinaran untuk energi foton 6MV, (b) Hasil penyinaran untuk energi foton 10MV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan penyinaran film gafchromic EBT3 dengan menggunakan energi foton 6MV dan 10 MV pada Linac Clinac iX 6198 di Rumah Sakit Siloam MRCCC Semanggi, Jakarta. Setelah dilakukan penyinaran, film gafchromic EBT3 dilakukan pemindaian untuk mendapatkan hasil film dalam bentuk digital. Selanjutnya, dilakukan pembacaan film dengan menggunakan software MATLAB. Pada gambar 2A dan 2B, menjelaskan hubungan antara netOD dengan dosis yang diberikan pada saat penyinaran dengan menggunakan energi 6MV dan 10 MV. Dari penyinaran ini didapatkan persamaan.

$$OD = \log_{10} \frac{I_{unexp} - I_{bckg}}{I_{exp} - I_{bckg}} \quad (2)$$

Dari persamaan diatas dapat kita bandingkan tingkat kehitaman film setiap dosis untuk energi foton 6 MV dan 10 MV seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

TABEL 1. Perbedaan tingkat kehitaman film untuk setiap dosis

Dosis (MV)	Tingkat kehitaman (OD)		Beda (%)
	6 MV	10 MV	
0	0	0	0,00%
50	0,04	0,04	0,00%
100	0,06	0,09	0,50%
150	0,10	0,14	0,40%
200	0,11	0,19	0,73%
250	0,13	0,21	0,62%
300	0,14	0,22	0,57%
450	0,17	0,26	0,53%

Perbandingan pada setiap energi

Pada variasi dosis yang digunakan dapat diketahui bahwa semakin tinggi dosis yang diberikan maka semakin besar nilai netOD yang didapatkan. Hal ini ditandai dengan warna film yang menunjukkan semakin bertambahnya dosis, maka film gafchromic semakin gelap. Dalam penentuan respon film gafchromic EBT3 pada setiap energi foton hasilnya dapat dilihat pada gambar 3A dan 3B.

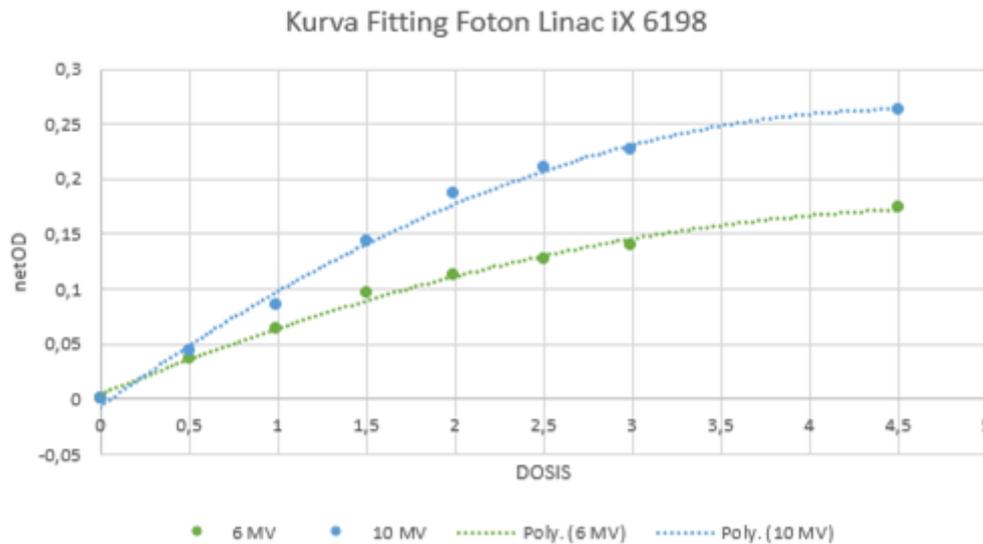
Analisis ketidakakuratan dihitung dengan membandingkan antara dosis yang di berikan saat penyinaran dengan dosis yang dihitung. Untuk mencari nilai ketidakakuratan saat mengukur parameter fitting menggunakan persamaan.

$$\text{Ketidakakuratan} = \frac{|D_{\text{terukur}} - \text{Dosis}|}{\text{Dosis}} \quad (3)$$

Dimana D_{terukur} merupakan dosis digunakan saat penyinaran dan Dosis merupakan dosis yang didapat dari hasil perhitungan dengan parameter fitting.

TABEL 2. Tabel Kalibrasi Film Gafchromic EBT3

Energi (MV)	Dosis Radiasi (Gy)	Dosis Terukur (Gy)	Ketidakkuratan (%)
6	0	0	0,00%
	0,50	0,49	2,63%
	0,10	0,86	14,12%
	1,50	1,58	5,12%
	2,00	1,98	0,94%
	2,50	2,54	1,54%
	3,00	3,00	0,07%
	4,50	4,48	0,38%
10	0	0	0,00%
	0,50	0,45	9,82%
	1,00	0,89	10,48%
	1,50	1,52	1,38%
	2,00	2,09	4,46%
	2,50	2,52	0,84%
	3,00	2,93	2,20%
	4,50	4,51	0,29%



GAMBAR 3. Grafik plotting antara netOD dengan Dosis untuk energi foton 6 MV dan 10 MV.

Perbedaan yang cukup besar antara dosis radiasi dengan perhitungan bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya karena saat penyinaran dari dosis 0 cGy hingga 450 cGy dilakukan pada alat yang sama dengan film yang sama, ada kemungkinan jika dosis yang sedang ditembakkan pada satu titik meyebar ke titik yang lain sehingga hasil yang didapatkan saat perhitungan tidak efisien.

Berdasarkan Tabel 1 nilai kehitaman antara energi 6 MV dengan energi 10 MV mempunyai perbedaan 0% hingga 0,73%. Artinya perbedaan tersebut masih berada dibawah standar yang direkomendasikan oleh IAEA yaitu sebesar 5%. Maka ada potensi untuk melakukan kalibrasi film hanya dengan menggunakan satu energi saja, yaitu menggunakan energi 6 MV ataupun energi 10 MV.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi kurva kalibrasi untuk penentuan dosis dengan fitting mencapai 1.877% untuk energi 6MV dan 1.616% untuk energi 10MV. Nilai ini masih dalam batas toleransi dari AAPM (American Association of Physicists in Medicine) yang merekomendasikan bahwa dosis keluaran berkas oleh mesin berada pada jangkauan ketidakakuratan $\pm 2-3\%$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada fisikawan dan dokter di RS Siloam MRCCC Semanggi, karyawan PTKMR BATAN, Kak Fifi, dan seluruh civitas akademi peminatan instrumentasi Universitas Negeri Jakarta yang sudah membantu dan mendukung saya selama penelitian ini.

REFERENSI

- [1] International Union Against Cancer (UICC), "Global Cancer Data: GLOBALCAN," *Diakses dari Global Cancer Data: GLOBOCAN 2020*, UICC, 2020.
- [2] Immel *et al.*, "Effect of X-ray irradiation on ancient DNA in sub-fossil bones- Guidelines for safe X-ray imaging," *Scientific Report*, vol. 6, no. 1, pp. 1-14, 2016.
- [3] Podgorsak, B. Ervin, "Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students," Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2005.

- [4] Darmawati, Suharni, "Implementasi Linear Accelerator dalam Penanganan Kasus Kanker," *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, vol. 14, pp. 36-47, 2012.
- [5] S. D. Astuti, S. Kholimatussa'diah, "Dasar Fisika Radiasi dan Dosimetri," Surabaya: Airlangga University Press, 2019.
- [6] P. Sipilä *et al.*, "Gafchromic EBT3 film dosimetry in electron beams-energy dependence and improved film read-out," *Journal of applied clinical medical physics*, vol. 17, no. 1, pp. 360-373, 2016.
- [7] J. Sorriaux *et al.*, "Evaluation of Gafchromic EBT3 films characteristics in therapy photon, electron and proton beams," *Physica Medica*, vol. 29, no. 6, pp. 599-606, 2013.
- [8] S. Devic *et al.*, "Precise radiochromic film dosimetry using a flat-bed document scanner," *Medical Physics*, vol. 32, pp. 2245-2253, 2005.