

Pengaruh Lapangan Asimetri Terhadap Kurva *Percentage Depth Dose* dan Profil Dosis Pada Pesawat LINAC

Faizah N. Salsabila¹, Bilalodin², Aloysius Mario³

^{1,2} Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman,

³ Departemen Radioterapi MRCCC Siloam Jakarta Selatan

Jl. DR. Soeparno No. 61, Karang Bawang, Karangwangkal, Kec. Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122

Email : faizah.salsabila@mhs.unsoed.ac.id, bilalodin@unsoed.ac.id, a.mario61@ui.ac.id

Abstract: *The characteristics of radiation beams in a LINAC (Linear Accelerator) are represented by the Percentage Depth Dose (PDD) curve and the dose profile curve. These two curves depict the vertical (depth) and lateral (transverse spread) dose delivery behavior within the medium. The characteristics of the PDD curve and dose profile are believed to be influenced by the shape and size of the radiation field, particularly when using an asymmetric field. This study aims to investigate the effect of an asymmetric field on the characteristics of the PDD curve and dose profile in a LINAC machine. The study was conducted at the Radiotherapy Department of MRCCC Siloam Hospital Jakarta using a 10 MV photon energy LINAC machine. A symmetrical field measuring $10 \times 10 \text{ cm}^2$ was used as the standard measurement field and compared with variations of an asymmetrical field measuring $5 \times 10 \text{ cm}^2$. Data were obtained through measurements using a water phantom and an ionization chamber detector to obtain dose distribution characteristics at various depths. The measurement results showed that the use of an asymmetric field resulted in a decrease in dose on the PDD curve compared to the symmetric field. Additionally, the dose profile on the asymmetric field exhibited a decrease in radiation beam homogeneity, characterized by a flatness value exceeding 3%, surpassing the international standard tolerance limit. It can be concluded that the use of an asymmetric field affects the dose distribution characteristics in the LINAC system, both in terms of depth and lateral distribution. Therefore, the selection and design of the radiation field must be carefully considered in treatment planning to ensure optimal and safe dose delivery.*

Keywords: *Asymmetric field area, PDD, dose profile, flatness, LINAC.*

Abstrak: Karakteristik berkas radiasi pada pesawat LINAC (*Linear Accelerator*) ditunjukkan oleh kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) dan kurva profil dosis. Kedua kurva ini merepresentasikan perilaku penyampaian dosis secara vertikal (kedalaman) dan lateral (penyebaran melintang) dalam medium. Karakteristik kurva PDD dan profil dosis diduga dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran lapangan penyinaran radiasi, khususnya ketika menggunakan lapangan asimetri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lapangan asimetri terhadap karakteristik kurva PDD dan profil dosis pada pesawat LINAC. Penelitian dilaksanakan di Departemen Radioterapi Rumah Sakit MRCCC Siloam Jakarta menggunakan pesawat LINAC berenergi foton 10 MV. Lapangan simetri berukuran $10 \times 10 \text{ cm}^2$ digunakan sebagai lapangan standar pengukuran, dan dibandingkan dengan variasi lapangan asimetri berukuran $5 \times 10 \text{ cm}^2$. Data diperoleh melalui pengukuran menggunakan *water phantom* dan detektor ionisasi *chamber* untuk memperoleh data karakteristik sebaran dosis pada berbagai kedalaman. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penggunaan lapangan asimetri berdampak pada penurunan dosis pada kurva PDD dibandingkan dengan lapangan simetri. Selain itu, profil dosis pada lapangan asimetri menunjukkan penurunan homogenitas berkas radiasi yang ditandai dengan nilai *flatness* melebihi 3%.

melampaui batas toleransi standar internasional. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan lapangan asimetri memengaruhi karakteristik sebaran dosis pada pesawat LINAC, baik secara kedalaman maupun lateral. Oleh karena itu, pemilihan dan desain lapangan radiasi perlu dipertimbangkan secara cermat dalam perencanaan terapi untuk menjamin penyampaian dosis yang optimal dan aman.)

Kata kunci: Luas lapangan asimetri, PDD, profil dosis, *flatness*, LINAC.

1. PENDAHULUAN

Radioterapi ekstrenal dengan pesawat *Linear Accelerator* (LINAC) merupakan metode yang banyak digunakan dalam pengobatan kanker karena kemampuannya menghasilkan berkas foton berenergi tinggi dengan presisi tinggi terhadap target volume kanker (Khan, 2014). Menurut data *Global Cancer Statistics* (GLOBOCAN) pada tahun 2018 menyatakan bahwa terdapat 348.809 kasus kanker di Indonesia dengan total kematian mencapai 207.210 kasus (Prasetya et al., 2023). Saat ini pengobatan kanker dapat dilakukan dengan menggunakan radioterapi salah satunya menggunakan pesawat LINAC (*linear accelerator*). Salah satu rumah sakit di Indonesia yang memiliki pesawat LINAC yaitu MRCCC Siloam Semanggi dimana dalam operasionalnya menggunakan berbagai sumber energi seperti energi foton 10 MV, dalam waktu jangka panjang penggunaan pesawat LINAC dapat mengalami pergeseran parameter apabila tidak dilakukan perawatan. Sehingga dapat menyebabkan penurunan intensitas dosis dan ketidakhomogenan berkas radiasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengecekan dan pengukuran dosimetri dengan melakukan *quality control* berkas yang dilakukan melalui pengukuran *Percentage Depth Dose* (PDD) dan *Profile Dose* (Sumitra et al., 2020).

Untuk menjamin keberhasilan terapi, penting dilakukan verifikasi terhadap distribusi dosis yang diberikan kepada pasien secara menyeluruh. Distribusi dosis ini umumnya dianalisis menggunakan dua parameter utama, yaitu kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) dan kurva profil dosis. Kurva PDD menggambarkan perilaku dosis terhadap kedalaman di medium, sedangkan profil dosis menggambarkan sebaran dosis secara lateral terhadap sumbu pusat berkas pada kedalaman tertentu (Podgorsak, 2005). Kualitas profil dosis ditentukan oleh parameter seperti *flatness*, *symmetry* dan penumbra yang menjadi indikator untuk mengevaluasi keseimbangan dan homogenitas berkas radiasi (Praveen Kumar et al, 2015).

Nilai *flatness* dan *symmetry* yang berada di luar batas toleransi dapat menyebabkan distribusi dosis yang tidak merata dan berdampak negatif pada efektivitas pengobatan. Namun pada penelitian ini difokuskan pada karakteristik *flatness* karena lebih menunjukkan variasi akibat bentuk lapangan penyinaran. Beberapa studi menunjukkan bahwa karakteristik PDD dan profil dosis sangat dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran lapangan penyinaran, khususnya ketika menggunakan lapangan asimetri (Godson et al, 2016). Lapangan asimetris terbentuk saat kolimator dibuka tidak seimbang, yang dapat mengubah distribusi dosis lateral dan kedalaman. Penelitian oleh Laub and Wong (Papajani & Hasimi, 2025) juga menunjukkan bahwa medan penyinaran yang tidak simetris dapat mempengaruhi keseimbangan distribusi dosis. Oleh karena itu dapat menyebabkan pergeseran titik dosis maksimum (D_{max}). Hal ini penting untuk diperhatikan dalam praktik klinis, karena ketidakseimbangan distribusi dosis dapat menyebabkan overdosis pada jaringan sehat atau underdosis pada target volume kanker.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lapangan asimetri terhadap karakteristik kurva PDD dan profil dosis menggunakan energi foton 10 MV pada pesawat LINAC. Lapangan simetri berukuran $10 \times 10 \text{ cm}^2$ digunakan sebagai kontrol dan dibandingkan dengan lapangan asimetri $5 \times 10 \text{ cm}^2$. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam praktik dosimetri klinis dan perencanaan penyinaran yang lebih optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental di Departemen Radioterapi MRCCC Siloam Semanggi, Jakarta Selatan, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi lapangan asimetri terhadap kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) dan profil dosis pada pesawat LINAC. Metode ini terdiri dari dua tahapan utama, yaitu pengukuran dosimetri absolut sebagai acuan normalisasi dan dosimetri relatif yang menjadi fokus utama dalam menganalisis karakteristik distribusi dosis dari berkas foton melalui pengukuran kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) dan profil dosis.

2.1. Pengukuran Dosimetri Absolut

Pengukuran dilakukan menggunakan *water phantom* berukuran $30 \times 30 \times 30$ cm³, detektor ionisasi *chamber*, *electrometer*, dan aquades. *Phantom* diselaraskan dengan sistem laser, dengan posisi *gantry* dan *collimator* pada sudut 0°. Lapangan radiasi diatur sebesar 10×10 cm² sesuai standar kalibrasi AAPM. Detektor diposisikan pada sumbu pusat (*central axis*) dan dihubungkan ke *electrometer* melalui kabel koaksial. Variasi tegangan yang digunakan adalah +300 V, +100 V, dan -300 V, dengan lima kali pengulangan untuk masing-masing variasi kedalaman guna memastikan kestabilan pembacaan. Energi radiasi yang digunakan adalah foton 10 MV. Data pembacaan dosis dicatat dan digunakan untuk menghitung faktor koreksi seperti K_{TP} , K_{pol} , DW, Q (Z_{ref}), dan nilai deviasi, yang berfungsi sebagai acuan dalam pengukuran dosimetri relatif.

2.2. Pengukuran Dosimetri Relatif

Pengukuran dosimetri relatif dilakukan menggunakan *water phantom* berukuran $56 \times 56 \times 56$ cm³, detektor ionisasi *chamber*, sistem CCU, dan perangkat lunak *Omni-Pro*. Setelah *phantom* diisi dan diselaraskan dengan sistem laser, lapangan radiasi diatur sebesar 10×10 cm² dan 5×10 cm². Detektor dihubungkan ke CCU dan perangkat lunak untuk merekam data distribusi dosis. Pada *Software Omni-Pro*, mode pemindaian yang digunakan untuk pengukuran PDD adalah *Depth Dose*, sedangkan untuk profil dosis menggunakan *Inline* dan *Crossline*. Energi radiasi foton 10 MV dan jarak SSD 100 cm digunakan selama pengukuran. Proses *beam-on* dilakukan untuk memulai pencatatan data, dan kurva hasil diamati untuk memastikan kesesuaian bentuk dan kestabilan. Pengukuran dilakukan pada kedalaman D_{max} , 5 cm, dan 10 cm. Seluruh data yang diperoleh dianalisis untuk menilai karakteristik distribusi dosis sesuai variasi kedalaman dan ukuran lapangan radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Godson, H. F., Ravikumar, M., Sathiyam, S., Ganesh, K. M., Retna Ponmalar, Y., & Varatharaj, C. (2016). Analysis of small field percent depth dose and profiles: Comparison of measurements with various detectors and effects of detector orientation with different jaw settings. *Journal of Medical Physics*, 41(1), 12–20. <https://doi.org/10.4103/0971-6203.177284>
- Khan, F. M. (2003). Physics of Radiation Therapy Third Edition. *The Journal of the American Medical Association*, 1138.
- Papajani, B., & Hasimi, A. (2025). FLATNESS AND SYMMETRY FOR A 6 MV RADIATION BEAM DEPENDING ON FLATNESS AND SYMMETRY FOR A 6 MV RADIATION BEAM DEPENDING ON FIELD SIZE AND DEPTH VARIATION. May. <https://doi.org/10.31407/ijees15.222>

- Podgorsak, E. . (2005). Review of Radiation Oncology Physics A Handbook for Teacher and Student. *International Atomic Energy Agency*.
- Prasetya, D., Layyinah, A., Amalia, E., & Djamhari, E. A. (2023). Pasien Kanker di Indonesia Masih Menanggung Beban Biaya Out-of-pocket. *Prakarsa*, 41, 1–4. <https://repository.theprakarsa.org/media/publications/564032-pb-41-pasien-kanker-di-indonesia-masih-m-9d9336b1.pdf>
- Praveen Kumar, P. P., Manisha Singh, M., & Kumar Mishra, P. (2015). Analytical Study of Flatness and Symmetry of Electron Beam with 2D Array Detectors. *Journal of Cancer Science & Therapy*, 7(10). <https://doi.org/10.4172/1948-5956.1000366>
- Sumitra, N., Milvita, D., & Kanie, M. A. J. (2020). Analisis Kurva Profile Dose Menggunakan Lapangan Radiasi Elektron pada Pesawat LINAC Tipe Clinac-Cx di Rs Unand. *Jurnal Fisika Unand*, 9(1), 73–78. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.1.73-78.2020>