

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker serviks menjadi salah satu penyakit mematikan yang paling banyak menyerang perempuan, terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia. Berdasarkan laporan GLOBOCAN tahun 2022, tercatat sekitar 660.000 kasus baru dan lebih dari 340.000 kematian akibat kanker serviks di seluruh dunia (GLOBOCAN, 2022). Di Indonesia, kanker serviks menempati urutan kedua sebagai jenis kanker paling umum pada perempuan setelah kanker payudara, dengan tingkat kematian yang masih tinggi akibat keterlambatan deteksi dini dan keterbatasan akses terhadap layanan pengobatan yang memadai (WHO, 2022).

Radioterapi eksternal merupakan salah satu metode utama dalam penanganan kanker serviks, selain pembedahan dan kemoterapi. Dalam radioterapi eksternal, *Linear Accelerator* (LINAC) digunakan untuk menghasilkan berkas elektron dan foton yang diarahkan untuk merusak sel kanker. Interaksi radiasi dengan materi/jaringan terjadi melalui efek fotolistrik, efek *compton*, dan proses *bremsstrahlung*, dengan probabilitas dominan bergantung pada energi foton. Pada kasus kanker serviks, penggunaan mesin LINAC 10 MV dinilai optimal karena memiliki daya tembus yang cukup untuk menjangkau target dalam seperti serviks tanpa memberikan dosis berlebih ke jaringan permukaan (Zhang et al., 2022).

Dalam praktik klinis, efektivitas terapi sangat ditentukan oleh distribusi dosis, bagaimana energi radiasi tersebar di sel kanker dan organ kritis di sekitarnya (*Organ at Risk/OAR*), seperti kandung kemih, rektum, dan usus besar. Untuk memaksimalkan dosis pada sel kanker dan meminimalkan dosis pada OAR, teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) digunakan. Teknik ini merupakan pengembangan dari teknik *3D Conformal Radiotherapy* (3DCRT) yang menggunakan banyak lapangan radiasi/*field* dalam penyinarannya, yang memungkinkan pembentukan intensitas radiasi yang lebih presisi terhadap sel kanker

(Bagus, 2018; Effina, 2021). Teknik IMRT paling banyak digunakan untuk mengobati kanker, salah satunya kanker serviks (Mayles et al., 2007).

Di fasilitas layanan kesehatan, perencanaan radioterapi umumnya dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis citra medis, seperti *Treatment Planning System* (TPS). Sistem ini membantu tenaga medis menentukan distribusi dosis optimal berdasarkan struktur anatomis pasien. Namun, untuk mendukung penelitian dan inovasi dalam dosimetri radiasi digunakan metode simulasi Monte Carlo seperti PHITS (*Particle and Heavy Ion Transport code System*). PHITS merupakan salah satu perangkat lunak simulasi Monte Carlo yang dikembangkan oleh *Japan Atomic Energy Agency* (JAEA). PHITS mampu menangani berbagai jenis partikel (proton, neutron, elektron, ion berat, dll) dan memberikan hasil simulasi yang lebih akurat dengan efisiensi yang tinggi karena besar energi yang ada di PHITS mencapai 1 TeV. PHITS telah digunakan dalam beberapa studi untuk menganalisis distribusi dosis secara rinci. Seperti penelitian yang dilakukan oleh M.D.R. Puspita (2021) menggunakan PHITS untuk menganalisis distribusi dosis pada terapi kanker serviks berbasis BNCT, dan Ilham (2022) memanfaatkan PHITS untuk mengevaluasi dosis penyinaran proton pada kasus kanker serviks (Maria Droste Ratri Puspita, 2021; Muhammad Ilham, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi dosis radiasi sinar-X pada kanker serviks stadium IIA1 menggunakan teknik IMRT 8 *field* berbasis simulasi PHITS versi 3.341. 8 *field* dipilih secara simetris setiap 45° dalam satu rotasi penuh, yaitu 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, dan 315°. Pemilihan ini sesuai dengan penelitian oleh Purwaningsih, dkk. (2020) yang melakukan terapi untuk kanker serviks stadium IIB menggunakan teknik IMRT 8 field dengan sudut gantry 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, dan 315°, yang disimulasikan menggunakan program TPS Eclipse (Purwaningsih et al., 2020). Sehingga dengan 8 *field* ini memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi dan menganalisis distribusi dosis radiasi foton

di setiap sudut *gantry* secara kuantitatif dalam konteks efektivitas penyampaian dosis.

Melalui penelitian ini, diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi dalam peningkatan mutu perencanaan radioterapi berbasis simulasi Monte Carlo, tetapi juga menawarkan solusi perencanaan terapi berbasis fisika komputasi yang aplikatif untuk fasilitas rumah sakit militer di Indonesia. Hal ini sejalan dengan upaya mendukung pemanfaatan teknologi nuklir secara strategis dan efisien dalam sektor kesehatan pertahanan.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana distribusi dosis radiasi sinar-X yang diterima sel kanker dan OAR pada terapi kanker serviks stadium IIA1 menggunakan teknik IMRT 8 field berdasarkan simulasi dengan program PHITS versi 3.341?
- b. Bagaimana perencanaan terapi yang tepat pada terapi sinar-X untuk kasus kanker serviks stadium IIA1 berdasarkan hasil distribusi dosis radiasi yang telah didapatkan?
- c. Dapatkah simulasi Monte Carlo dengan PHITS digunakan sebagai alternatif perencanaan radioterapi yang presisi untuk diterapkan di lingkungan rumah sakit militer?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Menganalisis distribusi dosis radiasi yang diterima oleh sel kanker dan OAR pada teknik IMRT 8 *field* dalam terapi sinar-X untuk kasus kanker serviks stadium IIA1.
- b. Menentukan perencanaan terapi sinar-X yang optimal untuk kanker serviks stadium IIA1 berdasarkan hasil analisis distribusi dosis radiasi.
- c. Menilai kelayakan pendekatan simulasi Monte Carlo berbasis PHITS sebagai alternatif perencanaan radioterapi yang presisi, fleksibel, dan aplikatif untuk rumah sakit militer.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

- a. Memberikan kontribusi pada penguatan konsep fisika nuklir, komputasi dan aplikasinya dalam bidang medis, khususnya yang berkaitan dengan interaksi radiasi dengan materi, simulasi monte carlo, dan perhitungan dosimetri.
- b. Memberikan kontribusi dalam memperkaya literatur ilmiah dalam fisika medis untuk perencanaan terapi pada terapi sinar-X untuk kanker serviks menggunakan teknik IMRT 8 *field* yang lebih efisien dan efektif.

1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Menyediakan rekomendasi perencanaan terapi sinar-X untuk kanker serviks stadium IIA1 dengan IMRT 8 *field* yang optimal untuk diterapkan dalam rumah sakit militer atau sipil.
- b. Mendorong pemanfaatan perangkat lunak PHITS versi terbaru sebagai alat bantu perencanaan terapi berbasis simulasi di Indonesia.