

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Radioterapi eksterna bertujuan untuk memberikan dosis radiasi yang presisi pada target tumor sekaligus meminimalkan paparan pada jaringan sehat di sekitarnya. Namun, dalam pelaksanaannya, pemberian radioterapi selalu melibatkan ketidakpastian geometris yang dapat memengaruhi cakupan dosis pada target terapi (Dupont dkk., 2024). Untuk memaksimalkan efikasi perawatan dan mencapai presisi yang tinggi, sangat penting untuk mengurangi kesalahan penempatan posisi pasien setiap harinya (Nair dkk., 2022). Oleh karena itu, berbagai perangkat fiksasi atau immobilisasi selalu digunakan selama proses terapi berlangsung (Nair dkk., 2022). Meskipun prosedur immobilisasi telah diterapkan, variasi posisi setup dan pergerakan organ internal pasien tetap tidak dapat dihindari sepenuhnya selama pelaksanaan fraksi radioterapi (Lestari dkk., 2025).

Untuk mengkompensasi ketidakpastian geometris dan variasi pergerakan tersebut, diterapkan sebuah konsep penambahan margin keamanan di sekitar Clinical Target Volume (CTV) untuk membentuk Planning Target Volume (PTV) (Lestari dkk., 2025; Dupont dkk., 2024). Dalam kalkulasi margin PTV ini, sumber ketidakpastian diklasifikasikan menjadi dua komponen utama, yaitu kesalahan sistematik dan kesalahan acak. Kesalahan sistematik adalah penyimpangan yang memengaruhi perawatan secara keseluruhan, sedangkan kesalahan acak merupakan ketidakpastian harian yang memengaruhi setiap fraksi radiasi secara independen (Dupont dkk., 2024). Perhitungan dari kedua jenis kesalahan setup geometris ini mutlak diperlukan agar dapat merumuskan ukuran margin PTV yang sesuai dan optimal (Nair dkk., 2022; Lestari dkk., 2025).

Terdapat beberapa metode perhitungan matematis yang dapat digunakan untuk menentukan margin PTV, di antaranya adalah formula yang diusulkan oleh Van Herk, Stroom, dan ICRU Report 62 (Lestari dkk., 2025; Nair dkk., 2022;

Namysł-Kaletka dkk., 2018). Di antara metode-metode tersebut, persamaan Van Herk ($2,5\sigma+0,7\sigma$) merupakan formula yang direkomendasikan dan paling umum digunakan karena terbukti memiliki persentase pergeseran di luar batas margin yang paling rendah (Namysł-Kaletka dkk., 2018; Nair dkk., 2022). Metode perhitungan margin Van Herk ini dirancang dengan analitik spesifik yang mengasumsikan bahwa setidaknya 95% dari dosis radiasi yang diresepkan akan secara adekuat mencakup area CTV pada 90% populasi pasien yang ditangani (Lestari dkk., 2025). Penerapan evaluasi metode ini memanfaatkan data verifikasi pergeseran pasien menggunakan sistem pemandu citra seperti Cone Beam Computed Tomography (CBCT) (Lestari dkk., 2025; Nair dkk., 2022).

Meskipun formula perhitungan margin menggunakan persamaan Van Herk telah terstandarisasi, nilai akhir margin PTV terbukti dapat sangat bervariasi antar departemen radioterapi (Nair dkk., 2022). Hal ini sangat bergantung pada tahapan proses perencanaan terapi, mulai dari jenis dan teknik perangkat immobilisasi yang digunakan hingga modalitas verifikasi pencitraan yang tersedia (Nair dkk., 2022). ICRU Report 83 juga memberikan panduan bahwa margin keselamatan pasien harus dihitung secara individual dan disesuaikan untuk setiap fasilitas atau pusat layanan radioterapi (Namysł-Kaletka dkk., 2018). Berdasarkan urgensi dan kebutuhan spesifikasi institusional tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghitung kesalahan sistematis dan error serta menentukan rumusan ukuran safety margin PTV yang ideal menggunakan pendekatan Van Herk *Equation* pada kanker serviks di instalasi radioterapi di RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai kesalahan sistematis dan acak menggunakan Van Herk *Equation* untuk menentukan *safety margin Planning Target Volume* (PTV) pada kanker serviks di RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta.

1.3. Manfaat Penelitian

Perhitungan kesalahan sistematis dan penentuan safety margin PTV menggunakan Van Herk *Equation* ini berguna untuk mengevaluasi kesesuaian batas margin terhadap variasi pergerakan posisi pasien dan menetapkan standar margin

keselamatan radioterapi yang optimal secara spesifik di RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta.