

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data yang diperoleh dari GLOBOCAN, pada tahun 2022 total kematian yang disebabkan oleh kanker mencapai 242.988 kasus. Kanker otak dan sistem saraf merupakan kasus kanker dengan jumlah tertinggi ke-15 di Indonesia, dengan total kematian sebanyak 5259 kasus. Di dunia, kanker otak dan sistem saraf terdapat lebih dari 308.000 kasus baru, dengan 5.448 kasus terdapat di Indonesia dengan tingkat kanker sebesar 1,6% dan 1,3% (Ferlay et al., 2024). Penyebab kanker otak bersifat multifaktorial, meliputi faktor genetik, lingkungan, dan kondisi medis tertentu. Secara genetik, mutasi pada gen IDH1/IDH2 ditemukan pada 70-80% glioma derajat rendah dan sekunder glioblastoma, sementara delesi kromosom 1p/19q menjadi penanda oligodendroglioma (Louis et al., 2021).

Anatomi otak yang kompleks dengan berbagai struktur penting seperti batang otak, hipokampus, dan kelenjar hipofisis mengakibatkan penanganan kanker otak lebih sulit. Setiap bagian otak bekerja dengan fungsi penting, jadi kerusakan otak karena tumor atau efek samping terapi dapat sangat memengaruhi kualitas hidup pasien. Paparan radiasi pada area hipokampus selama terapi dapat menyebabkan gangguan kognitif. Sebaliknya, paparan radiasi pada batang otak dapat menyebabkan defisit neurologis yang signifikan. Oleh karena itu, untuk memastikan distribusi dosis radiasi yang optimal ke target tumor sekaligus meminimalkan paparan pada jaringan sehat di sekitarnya, sehingga pendekatan terapi menggunakan *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) menjadi sangat penting (Brown et al., 2020).

Teknik *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT) merupakan terapi radiasi yang digunakan untuk membunuh sel kanker. Teknik IMRT menggunakan *Multileaf Collimator* (MLC) untuk secara akurat memodulasi intensitas sinar radiasi. Hal ini memungkinkan dosis yang paling efektif diberikan kepada target tumor sekaligus menurunkan paparan pada organ sehat di sekitarnya. *Dynamic Multileaf Collimator* (DMLC) dan *Segmental Multileaf Collimator* (SMLC) adalah dua metode utama untuk mengaplikasikannya. Dalam DMLC, daun-daun MLC

bergerak secara kontinu selama penyinaran, yang memungkinkan perpindahan intensitas secara lebih halus dan distribusi dosis menjadi lebih homogen. Sebaliknya, dalam SMLC, daun-daun MLC berpindah ke posisi tertentu, diikuti oleh penyinaran statis, sebelum kembali ke posisi sebelumnya (Alaei et al., 2004). DMLC menghasilkan distribusi dosis yang homogen dan konformal dibandingkan dengan SLMC, meskipun membutuhkan jumlah MU yang lebih besar. Namun, SMLC memiliki keunggulan dalam hal stabilitas mekanik dan kemudahan dalam *Quality Assurance* (QA) (Jothybasu et al., 2009). Penggunaan variasi jumlah segmen dalam teknik IMRT untuk terapi pasien kanker otak sebagai variasi intensitas radiasi sehingga sel kanker menerima dosis maksimal, sedangkan organ di sekitarnya menerima dosis minimal. Semakin banyak segmen yang digunakan dalam perencanaan IMRT, maka waktu penyinaran akan semakin panjang (Dzierma et al., 2014).

Aspek penting yang dipertimbangkan dalam penelitian ini saat merencanakan penyinaran menggunakan teknik IMRT pada pasien kanker otak adalah jumlah segmen. Jumlah segmen berfungsi sebagai penggambaran kompleksitas konfigurasi MLC. Semakin banyak segmen yang digunakan, bentuk distribusi dosis yang dihasilkan akan semakin sesuai terhadap kontur target, tetapi juga meningkatkan waktu penyinaran. Total *Monitor Unit* (MU) merupakan keluaran dari proses optimisasi perencanaan yang ditentukan secara otomatis oleh TPS, sehingga tidak dijadikan parameter yang dipertimbangkan. Volume tumor tidak dipertimbangkan karena merupakan kondisi anatomi tetap pasien yang menjadi acuan perencanaan dan tidak dapat dimodifikasi. Jumlah arah penyinaran juga tidak dipertimbangkan karena dikontrol sebagai konstanta sesuai konfigurasi yang telah ditetapkan dan diverifikasi oleh dokter onkologi radiasi. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada jumlah segmen sebagai variabel utama untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kualitas distribusi dosis pada PTV dan OAR, serta efisiensi waktu penyinaran pada pasien kanker otak. Namun, aspek mengenai pengaruh jumlah segmen terhadap nilai *Conformity Index* (CI) dan nilai *Homogeneity Index* (HI) sebagai indikator konformitas dan kehomogenan dosis pada organ target masih menjadi area yang perlu dieksplorasi lebih lanjut, khususnya untuk menentukan

jumlah segmen yang optimal pada perencanaan radioterapi IMRT pasien kanker otak (Sumala *et al.*, 2024).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pengaruh jumlah segmen pada teknik IMRT, di antaranya Hunou (2018) pada kanker kepala dan leher dengan variasi segmen 10, 20, dan 30, Dyahtantri (2024) pada kanker nasofaring dengan variasi segmen yang sama yang didukung oleh Fadila *et al.* (2023) yang membuktikan bahwa nilai CI dan HI merupakan parameter penting dalam mengevaluasi kualitas distribusi dosis pada perencanaan IMRT kanker nasofaring, serta Dzierma *et al.* (2014) pada kanker hipofaring dengan membandingkan berkas FFF dan flat beam menggunakan variasi segmen 25 hingga 70. Selain itu, Sumala *et al.* (2024) menganalisis pengaruh berbagai parameter terhadap *delivery time* pada kanker otak. Meskipun penelitian-penelitian tersebut memberikan kontribusi penting, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, yaitu rentang variasi segmen yang digunakan masih sempit (10-30) pada penelitian Hunou (2018) dan Dyahtantri (2024), fokus kasus yang berbeda dengan kanker otak pada ketiganya, penelitian Dzierma *et al.* (2014) hanya membandingkan jenis berkas radiasi tanpa menganalisis distribusi dosis pada PTV dan OAR secara komprehensif, serta belum adanya analisis yang mencakup distribusi dosis PTV, nilai CI dan HI, proteksi OAR, total MU, dan *delivery time* secara bersamaan pada kasus kanker otak yang memiliki anatomi kompleks dengan banyak organ kritis. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menggunakan variasi jumlah segmen yang lebih tinggi dan lebih relevan secara klinis yaitu 30, 40, dan 50 menggunakan TPS Monaco 6 dengan algoritma *Monte-Carlo*, sekaligus menjadi novelti penelitian ini dalam memberikan rekomendasi praktis bagi fisikawan medik dalam menentukan jumlah segmen yang optimal untuk perencanaan radioterapi IMRT pada pasien kanker otak di RSUP Dr. Sardjito.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh variasi jumlah segmen terhadap distribusi dosis organ target, perubahan nilai CI dan nilai HI pada kanker otak.

2. Menganalisis pengaruh variasi jumlah segmen terhadap distribusi dosis OAR pada pasien kanker otak.
3. Menganalisis pengaruh variasi jumlah segmen terhadap total MU dan *delivery time* pada kanker otak.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan pemahaman bagi Fisikawan Medik mengenai pengaruh variasi jumlah segmen pada teknik IMRT terhadap kualitas distribusi dosis, termasuk homogenitas dan konformitas pada PTV serta dampaknya terhadap dosis pada organ kritis pada kasus kanker otak.
2. Menjadi bahan pertimbangan praktis dalam proses optimisasi perencanaan radioterapi IMRT, khususnya dalam menentukan jumlah segmen yang sesuai untuk memperoleh keseimbangan antara kualitas distribusi dosis, perlindungan organ kritis, dan efisiensi waktu penyinaran pada pasien kanker otak