

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker merupakan salah satu penyebab utama kematian di seluruh dunia. Salah satu metode pengobatan untuk kanker adalah radioterapi. Tujuan dari radioterapi yaitu untuk menghancurkan sel kanker, dalam penerapannya dosis radiasi yang diberikan harus optimal agar mampu membunuh sel kanker secara efektif tanpa merusak jaringan sehat di sekitarnya (Bert & Durante, 2011). Modalitas radioterapi telah dikembangkan untuk meningkatkan ketepatan dan efisiensi dosis radiasi. Salah satu modalitas yang digunakan adalah terapi proton. Terapi proton memiliki keunggulan dibandingkan dengan modalitas lain karena kemampuannya dalam memberikan distribusi dosis yang lebih terarah dengan fenomena *Bragg peak* sehingga dapat memberikan dosis tinggi pada target kanker sekaligus mengurangi paparan dosis pada jaringan sehat di sekitarnya. Distribusi dosis dipengaruhi oleh diameter sel kanker, yang dapat memengaruhi penyerapan dosis selama terapi proton.

Pada tahun 2021, Prasanna, dkk melakukan pengumpulan data klinis terkait terapi proton. Hasilnya menunjukkan bahwa terapi proton dapat memberikan dosis radiasi yang lebih terfokus pada sel kanker, sehingga mengurangi paparan radiasi pada jaringan normal di sekitarnya. Salah satu jenis kanker yang dapat diobati dengan terapi proton adalah *Hepatocellular Carcinoma* (HCC), yang letaknya berada di organ hati. Organ hati mempunyai sensitivitas terhadap radiasi sehingga terapi proton dapat menjadi pilihan yang lebih aman dan efektif dalam pengobatan HCC dengan memberikan kontrol dosis yang lebih baik, sehingga mengurangi risiko kerusakan hati.

Terapi proton memiliki teknik penyinaran berupa *passive scattering* yang berfungsi untuk menyebarkan berkas proton dengan menggunakan perangkat khusus berupa *Range Modulated Wheel* (RMW). Prinsip kerja RMW yaitu mengubah rentang penetrasi berkas proton dengan memutar roda modulasi yang

terdiri dari *lead* dan *lexan*. Pada tahun 2024 terapi proton masih dalam tahap Pembangunan di RSPAD Gatot Soebroto, menyebabkan penelitian klinis belum bisa dilakukan. Oleh karena itu, diperlukannya simulasi untuk menganalisis distribusi dosis pada terapi proton. *Particle and Heavy Ion Transport Code System* (PHITS) adalah suatu kode Monte Carlo yang dikembangkan *Japan Atomic Energy Agency* (JAEA) untuk menganalisis efek radiasi dalam berbagai skenario, seperti reaktor nuklir dan terapi proton untuk pengobatan kanker (Sato dkk, 2024). Pada tahun 2011, Ryckman membuat simulasi desain *nozzel* terapi proton *passive scattering* menggunakan kode MCNP, penelitian tersebut menggunakan *water* fantom untuk memastikan akurasi berkas proton. Hasil penelitian tersebut, dapat dijadikan sebagai *benchmark* untuk simulasi *nozzel* terapi proton pada teknik *passive scattering* menggunakan kode PHITS. Pada simulasi PHITS, diperlukannya fantom komputasi untuk memodelkan struktur dan komposisi jaringan manusia dalam menganalisis dosis radiasi. *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) telah menerbitkan fantom *Mesh-type Reference Computational Phantoms* (MRCPs) yang dapat merepresentasikan struktur organ manusia dengan skala mikrometer (ICRP, 2020).

Penelitian Toramatsu, dkk pada tahun (2013), melakukan studi klinis tentang kriteria ukuran diameter HCC dari 3,4 hingga 16,1 cm menggunakan terapi proton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasien dengan diameter 6 cm keatas lebih aman diobati dengan terapi proton. Namun, penelitian tersebut tidak menyebutkan letak serta kedalaman sel kanker. Penelitian Ula pada tahun (2021) melakukan simulasi kanker HCC menggunakan *Passive Scattering* dengan program PHITS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi dosis terfokus pada target kanker serta jaringan sehat berada di bawah batas ambang. Namun penelitian tersebut masih menggunakan fantom MIRD yang belum merepresentasikan tubuh manusia, karena fantom ini terdiri dari material tulang, paru-paru, dan jaringan lunak. Selain itu, penelitian tersebut hanya menggunakan diameter 5 cm. Oleh karena itu, diperlukan variasi diameter dan kedalaman untuk menganalisis distribusi dosis kanker HCC serta menggunakan fantom MRCPs yang dapat merepresentasikan jaringan tubuh manusia dalam skala mikrometer. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis diameter sel kanker HCC (1,6, 2,3, 3, dan 6 cm) dalam distribusi dosis terhadap target sel kanker dan jaringan sehat menggunakan fantom MRCPs dengan program PHITS Versi 3.34 menggunakan terapi proton *passive scattering*.

12 Tujuan Penelitian

Menganalisis distribusi dosis diameter sel kanker *Hepatocellular Carcinoma* (HCC) (1,6, 2,3, 3, dan 6 cm) terhadap target sel kanker dan jaringan sehat menggunakan fantom MRCPs dengan program PHITS Versi 3.34

13 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan kajian dasar terapi proton secara simulasi menggunakan program PHITS Versi 3.34 untuk berbagai variasi ukuran diameter, letak dan kedalaman sel kanker *Hepatocellular Carcinoma* (HCC).
2. Dapat digunakan sebagai referensi pada fantom komputasi dan pengobatan tumor pediatrik *Hepatocellular Carcinoma* (HCC).
3. Mengetahui dosis sel kanker pada penyakit *Hepatocellular Carcinoma* (HCC) pada terapi proton tanpa melakukan pengukuran langsung terhadap pasien.