

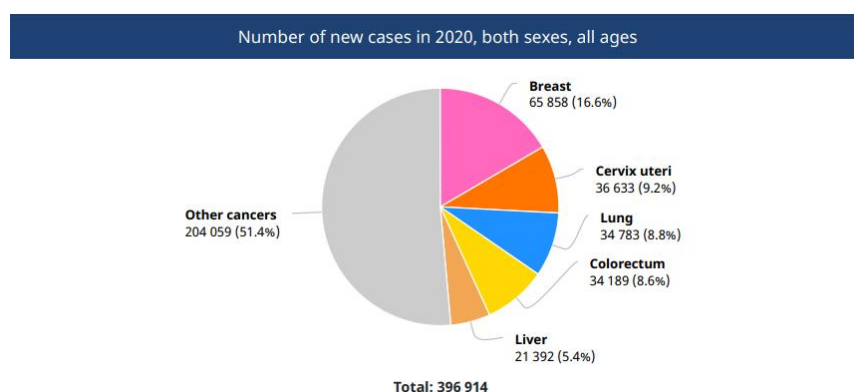
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker merupakan pertumbuhan jaringan tubuh secara tidak normal. Sel-sel kanker berkembang dengan cepat, tidak terkendali, dan akan terus membelah diri. Dalam keadaan normal, sel tubuh hanya akan membelah diri apabila ada pengganti sel-sel yang mati dan rusak. Sebaliknya, sel kanker akan terus membelah walaupun tubuh tidak memerlukannya. Akibatnya terjadi penumpukan sel baru yang disebut tumor ganas. Penumpukan sel baru tersebut akan mendesak jaringan-jaringan yang ada sehingga menyebabkan terganggunya organ yang ditempati oleh kanker (Setiyaningrum, 2017).

Kanker menjadi penyebab kematian manusia yang menempati urutan kedua dengan jumlah 9,6 juta kasus kematian per-tahunnya. Berdasarkan data Globocan (2020), kasus kanker di Indonesia mencapai 396.914 kasus yang terbagi 183.368 pada laki-laki dan 213.546 perempuan dengan kematian mencapai 234.511 orang.



Gambar 1.1 Jumlah kasus kanker di Indonesia (Globocan, 2020)

Rhabdomyosarcoma (RMS) termasuk tumor ganas yang menyerang jaringan lunak dan sering menyerang pada anak-anak. RMS diperkirakan berjumlah 5% dari semua tumor ganas pada anak dan 20% dari semua keganasan yang menyerang jaringan lunak (Puteri dan Rahman, 2019). Rhabdomyosarcoma tercatat sebanyak 19% kasus pada orang dewasa dan 45% kasus pada anak-anak dari semua jenis sarkoma jaringan lunak. Rhabdomyosarcoma adalah neoplasma ganas jaringan lunak yang paling umum ditemui pada kelompok usia terakhir. Rhabdomyosarcoma berasal dari sel mesenkim primer yang menunjukkan diferensiasi otot rangka. Tumor ini pertama kali dijelaskan oleh Weber pada tahun 1854. Rhabdomyosarcoma paling banyak ditemukan di kepala dan leher (35-40%), diikuti sistem urogenital, ekstremitas, dan batang tubuh (Dziuba dkk., 2019). Kasus RMS tercatat di India 1 hingga 4,5% dari seluruh malignan pada anak-anak. Setiap tahun, sekitar 350 kasus RMS ditemukan pada anak-anak di Amerika Serikat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hanya 44 kasus RMS dalam waktu delapan tahun dan 11 kasus 4 tahun di Indonesia (RSUP Dr. Cipto Mangunkusumo dan Rumah Sakit Kanker Dharmas) (Reniarti dkk., 2020). Walaupun Rhabdomyosarcoma merupakan penyakit jarang terjadi, tetap membutuhkan perhatian terutama penelitian karena penelitian tentang penyakit langka dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan kesehatan yang tidak terpenuhi seperti akses skrining, diagnosis, terapi, dan perawatan kesehatan. Penelitian dan penanganan penyakit langka menjadi langkah untuk memastikan diagnosis yang tepat waktu, intervensi dini, dan dukungan yang memadai (Baynam dkk., 2024).

Pengobatan pada kasus kanker mencakup tiga macam, yaitu pembedahan, kemoterapi, dan radioterapi (Harun dkk., 2022). Radioterapi secara umum terbagi menjadi dua yaitu radioterapi penyinaran eksternal dan brakiterapi. Dalam radioterapi penyinaran eksternal, sumber radiasi berada pada jarak tertentu dari pasien. Radioterapi penyinaran eksternal dilakukan umumnya dengan berkas foton, beberapa dengan berkas elektron, dan sebagian kecil menggunakan partikel seperti proton, ion yang lebih berat atau neutron. Sedangkan brakiterapi adalah isitilah yang digunakan untuk menggambarkan pengobatan kanker pada jarak

pendek dengan radiasi dari sumber radionuklida kecil yang dienkapsulasi. Jenis pengobatan ini diberikan dengan menempatkan sumber langsung kedalam atau dekat volume terapi pada pasien. Sumber brakiterapi yang paling umum adalah foton dan beberapa situasi khusus digunakan pemancar beta atau neutron (Bourland, 2015).

Pengobatan kanker dengan sinar foton menyebabkan efek samping terutama pada bagian kepala dan leher. Efek samping yang ditimbulkan sinar foton apabila mengenai kepala dan leher berupa xerostomia. Xerostomia adalah keluhan mulut kering yang disebabkan oleh pengurangan saliva akibat kelenjar parotis yang berfungsi memproduksi saliva terkena sinar foton. Selain xerostomia, efek samping lainnya yaitu disfagia yang merupakan kondisi pasien kesulitan menelan diakibatkan faring pasien terkena sinar foton (Wibowo dkk., 2022).

Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) pertama kali dikenalkan pada awal tahun 1936, dan penelitian terkait BNCT berkembang relatif lambat namun stabil (He dkk., 2021). BNCT merupakan metode radioterapi yang sedang berkembang bertujuan untuk meningkatkan kontrol kanker seraya membatasi kerusakan pada jaringan normal. BNCT dikategorikan *high linear energy transfer (high-LET) radiation*. Pengobatan dengan BNCT melibatkan pengiriman senyawa boron terarah ke sel kanker, diikuti dengan penyinaran kanker menggunakan neutron epitermal (Seneviratne dkk., 2020). Metode BNCT adalah bentuk radioterapi biner yang menggunakan kemampuan inti boron-10 non radioaktif untuk menyerap neutron termal. Penampang lintang untuk reaksi penyerapan ini adalah 3837 barn, neutron diserap oleh inti ^{10}B kemudian memunculkan reaksi nuklir secara instan $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ yang disertai deposisi energi sebesar 2,9 MeV (Taskaev, 2021). Reaksi isotop atom ^{10}B saat menyerap neutron akan membentuk atom ^{11}B yang mengakibatkan reaksi fisi nuklir untuk melepaskan partikel energi linear tinggi termasuk partikel alfa (^4He), inti lithium (Li), dan sinar gamma. Partikel-partikel ini dapat menembus dan merusak DNA dan/atau RNA sel tumor yang dapat membunuh sel-sel tumor (Coghi dkk., 2024). Terapi menggunakan BNCT telah banyak digunakan dan mendapatkan hasil yang positif untuk terapi

kanker kepala dan leher (Namdev dan Kaur, 2022). Keuntungan lain menggunakan BNCT yaitu memberikan dosis yang tinggi dalam satu fraksi iradiasi dan mampu ditarget secara biologis oleh senyawa yang mengandung Boron-10. Hal tersebut bisa dilakukan karena BNCT melibatkan pembangkitan partikel yang memiliki efektivitas biologis relatif tinggi dan transfer linier yang lebih tinggi dibandingkan dengan radioterapi menggunakan foton (Kawabata dkk., 2021).

Monte Carlo menjadi metode statistik yang mampu melakukan peruntutan perjalanan partikel dari awal hingga partikel menghilang (Ajeng dkk., 2023). *Monte Carlo N-Particle* (MCNP) merupakan piranti lunak yang menggunakan metode Monte Carlo yang dibuat oleh Tim Monte Carlo yang berasal dari Laboratorium Nasional Los Alamos, Amerika Serikat. Piranti lunak ini diaplikasikan untuk simulasi perjalanan neutron, foton, dan elektron dalam material tiga dimensi (Wicaksono dkk., 2018). MCNP telah mencapai versi 6.2 yang dirilis pada tahun 2018, dengan peningkatan model fisika untuk emisi sekunder dan produksi peluruhan, sumber peluruhan dan sinar kosmik. Versi ini juga mencakup perpustakaan yang direvisi untuk data penampang lintang, opsi perhitungan yang baru, fungsi terkait dengan *mesh* tidak terstruktur, dan peningkatan kode lainnya dengan tujuan kemudahan penggunaan MCNP. Versi ini mampu melakukan perhitungan 1,5 - 2 kali lebih cepat dibandingkan versi sebelumnya (MCNP6) (Park dkk., 2022).

Penelitian tentang simulasi radioterapi pada kanker rhabdomyosarcoma telah dilakukan. Pada penelitian Syamputra dkk (2018), dilakukan perhitungan konsentrasi boron pada kepala dan leher menggunakan *Boron-Neutron Capture Therapy* yang disimulasikan menggunakan PHITS. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui konsentrasi boron secara optimal dan tepat pada kanker rhabdomyosarcoma di kepala dan leher. Penelitian yang dilakukan Syamputra dkk (2018) menggunakan variasi konsentrasi boron 30 $\mu\text{g/g}$, 35 $\mu\text{g/g}$, 40 $\mu\text{g/g}$, 45 $\mu\text{g/g}$, dan 50 $\mu\text{g/g}$ dengan fantom anak berusia 5 tahun. Hasil yang didapatkan bahwa dosis yang diterima pasien bergantung dengan konsentrasi boron dalam

jaringan yang membutuhkan waktu orde jam, konsentrasi boron yang optimal adalah 50 $\mu\text{g/g}$. Kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu semakin tinggi konsentrasi boron yang terdapat pada jaringan kanker, semakin tinggi laju dosis yang diterima dan waktu iradiasi menjadi singkat serta dosis yang diterima organ yang sehat menurun. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dilakukan simulasi radioterapi BNCT pada kasus kanker rhabdomyosarcoma kepala dan leher pada anak menggunakan Monte Carlo N-Particle 6.2 dengan variasi konsentrasi boron 50 $\mu\text{g/g}$, 55 $\mu\text{g/g}$, 60 $\mu\text{g/g}$, 65 $\mu\text{g/g}$, dan 70 $\mu\text{g/g}$

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi boron yang digunakan untuk terapi kanker rhabdomyosarcoma kepala dan leher dengan BNCT pada fantom anak 10 tahun.
2. Menentukan waktu iradiasi terapi kanker rhabdomyosarcoma kepala dan leher dengan BNCT.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Menjadi referensi penelitian simulasi radioterapi BNCT menggunakan metode Monte Carlo dengan piranti lunak MCNP.
2. Membantu perkembangan radioterapi BNCT di Indonesia, terutama pada kasus kanker rhabdomyosarcoma kepala dan leher.