

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut data *World Health Organization* (WHO) tahun 2022, kanker menjadi salah satu sebab utama kematian komprehensif dan memengaruhi hampir setiap rumah tangga dengan menyumbang 1 dari 6 kasus kematian setiap tahunnya. Mendukung data tersebut, *International Agency for Research on Cancer* (IARC) menjelaskan bahwa secara universal, diperkirakan ada 20 juta kasus baru serta kasus kematian 9,7 juta akibat kanker. Kasus kanker ini akan meningkat sekitar 77% pada tahun 2050 dan semakin membebani sistem kesehatan, masyarakat, dan komunitas.

Kanker pankreas merupakan salah satu jenis kanker yang memiliki tingkat kematian yang tinggi dan pengobatannya seringkali kompleks dikarenakan penyebab kanker pankreas hingga saat ini masih belum diketahui.. Berdasarkan data statistik GLOBOCAN (2022), insidensi kanker pankreas terus meningkat dengan berada di peringkat 12 kasus baru serta tingkat kematiannya berada di peringkat 6 atau sekitar 4,8 % kasus kematian. Data jumlah kasus baru dan kematian akibat kanker di Indonesia pada tahun 2020, kanker pankreas menduduki peringkat ke-16 dengan jumlah 5.781 untuk kasus baru dan peringkat ke- 11 dengan jumlah 5.690 untuk kasus kematian.

Beberapa penelitian mengenai kanker jenis ini menjelaskan bahwa penyebab kanker pankreas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti genetik, kebiasaan merokok, konsumsi alkohol berlebih, obesitas, diet, dan sebagainya. Rata-rata kasus baru kanker pankreas terdiagnosis antara usia 65-74 tahun, dengan rata-rata usia terdiagnosis adalah 70 tahun. Berdasarkan data-data tersebut diperlukan skrining atau deteksi dini kanker pankreas pada populasi di atas usia tertentu agar faktor risiko parah dapat dihindari lebih awal (Hu dkk, 2021). Upaya skrining terhadap tubuh merupakan salah satu upaya untuk menjaga kesehatan.

Hal ini memicu kebutuhan untuk mengembangkan metode terapi yang lebih efektif dan minim invasif. Di antara berbagai metode pengobatan yang ada

saat ini, *Boron Neutron Capture Therapy* (BNCT) menawarkan pendekatan yang unik dengan memanfaatkan reaksi nuklir untuk menghancurkan sel kanker secara selektif.

BNCT berfungsi dengan cara memberikan senyawa Boron¹⁰ ke dalam sel kanker, yang kemudian akan menangkap neutron thermal yang diberikan, menghasilkan partikel alfa yang merusak DNA sel kanker. Menurut Bilaloddin,dkk (2023), siklotron 30 MeV adalah sumber neutron termal yang ideal untuk BNCT. Keuntungan utama dari BNCT adalah kemampuannya untuk secara selektif menargetkan sel tumor sambil meminimalkan kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya. Hal ini menjadikan BNCT sebagai alternatif yang menjanjikan dibandingkan dengan terapi radiasi konvensional.

Analisis dosis dalam BNCT sangat penting untuk memastikan efektivitas terapi sekaligus mengurangi efek samping yang tidak diinginkan. Dosis yang tepat harus dipahami dan dihitung dengan akurat agar dapat memaksimalkan efek terapeutik. Oleh karena itu, penggunaan program simulasi seperti *Particle and Heavy Ion Transport Code System* (PHITS) menjadi krusial dalam analisis ini. Menurut Sato,dkk (2024) PHITS dapat memodelkan interaksi partikel dengan materi untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang distribusi dosis. PHITS adalah kode transpor radiasi Monte Carlo serbaguna yang dapat mensimulasikan perilaku sebagian besar spesies partikel dengan energi hingga 1 TeV (per nukleon untuk ion).

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemodelan dosis menggunakan PHITS dapat memberikan informasi yang lebih rinci mengenai distribusi dosis dalam terapi BNCT. Melalui simulasi ini, para peneliti dapat mengidentifikasi area yang mendapatkan dosis tinggi dan rendah, yang penting untuk menyesuaikan protokol terapi. Hal ini sangat relevan untuk pengobatan kanker pankreas, di mana akurasi dosis dapat sangat mempengaruhi hasil pengobatan.

Seiring dengan perkembangan teknologi medis, metode pengobatan kanker terus berevolusi. Inovasi dalam bidang BNCT, terutama dalam hal pengiriman Boron dan sumber neutron, telah menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan

hasil terapi. Penelitian yang dilakukan oleh Zhang,dkk (2022) menunjukkan bahwa kombinasi metode pengiriman Boron yang lebih efisien dapat meningkatkan akumulasi Boron dalam sel kanker, sehingga meningkatkan efektivitas BNCT.

Di sisi lain, tantangan dalam BNCT juga tidak bisa diabaikan. Salah satu isu utama adalah distribusi Boron yang tidak merata dalam jaringan tumor. Segmentasi lesi yang akurat memerlukan lebih dari satu modalitas gambar dengan kontras yang bervariasi.

Penggunaan teknik pencitraan untuk memantau distribusi Boron dalam tumor.yang dilakukan oleh Kim,dkk (2022) menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti ukuran tumor dan komposisi sel dapat mempengaruhi akumulasi Boron. Oleh karena itu, analisis dosis yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa semua bagian tumor mendapatkan dosis yang memadai.

Saat ini pencitraan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan *Positron Emission Tomography* (PET) dapat digunakan untuk memvisualisasikan akumulasi Boron, memberikan informasi yang lebih baik untuk analisis dosis. Hal ini akan memungkinkan dokter untuk menyesuaikan dosis berdasarkan kondisi spesifik pasien.

Kemajuan dalam bidang komputasi juga mendukung penelitian BNCT. Dengan adanya algoritma baru dan peningkatan kapasitas pemrosesan, simulasi dosis yang lebih kompleks dan akurat kini dapat dilakukan. Referensi dari penelitian oleh Lee,dkk (2022) menunjukkan bahwa penggunaan algoritma *machine learning* dalam analisis dosis dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi prediksi dalam terapi BNCT.

Dalam konteks ini, tesis ini bertujuan untuk menganalisis dosis kanker pankreas berbasis BNCT menggunakan PHITS. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai bagaimana dosis dapat dioptimalkan untuk meningkatkan efektivitas BNCT, serta mengurangi risiko efek samping. Dengan pendekatan yang sistematis, diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan protokol terapi yang lebih baik.

Akhirnya, dengan meningkatnya kebutuhan untuk terapi kanker yang lebih aman dan efektif, BNCT muncul sebagai salah satu solusi potensial. Melalui analisis dosis yang cermat dan penggunaan teknologi terkini, diharapkan bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kemajuan dalam pengobatan kanker pankreas. Dengan demikian, BNCT tidak hanya menjadi pilihan terapi yang menjanjikan, tetapi juga membuka jalan untuk penelitian lebih lanjut di bidang terapi nuklir dan onkologi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk kajian awal analisis dosis kanker pankreas pada terapi penangkapan neutron Boron (BNCT) dengan melakukan pemodelan desain geometri kanker pankreas dan *Organ At Risk* (OAR) serta *Beam Shaping Assembly* (BSA) menggunakan *software* PHITS versi 3.34.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk dosimetri BNCT dalam terapi kanker pankreas stadium lanjut dengan ORNL dan dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan konsentrasi optimal Boron untuk BNCT pada pasien kanker pankreas stadium lanjut. Penelitian ini juga dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian lanjutan tentang terapi kanker dengan metode BNCT berbasis siklotron. Selanjutnya, hasil penelitian dapat digunakan sebagai perbandingan dengan hasil simulasi perangkat lunak lain yang sudah pernah dipakai sebelumnya. Terakhir, penelitian ini dapat melengkapi penelitian sebelumnya mengenai BNCT dan dapat dikembangkan lebih lanjut agar diperoleh hasil optimal sesuai rekomendasi *International Atomic Energy Agency* (IAEA).

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan masalah di antaranya :

- a) Jenis kanker yang disimulasikan yaitu kanker pankreas jenis *Solid Pseudopapillary Tumour* (SPT) yang terletak pada tubuh pankreas dekat ekor berstadium lanjut dan telah bermetastasis.
- b) Siklotron 30 MeV dimanfaatkan sebagai sumber neutron.

- c) *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL) sebagai acuan ukuran dan bentuk geometri organ manusia, sementara komposisi penyusun organnya mengikuti *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) 145.
- d) *Organ At Risk* (OAR) di sekitar pankreas yakni hati, lambung, rusuk, limpa dan kulit.