

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker sering dikenal oleh masyarakat sebagai tumor, padahal tidak semua tumor adalah kanker. Tumor adalah segala benjolan tidak normal atau abnormal. Tumor dibagi dalam dua golongan, yaitu tumor jinak dan tumor ganas. Sementara kanker adalah jenis penyakit yang diakibatkan oleh pertumbuhan tidak normal dari sel-sel jaringan tubuh yang berubah menjadi sel kanker. Dalam perkembangannya, sel-sel kanker ini dapat menyebar ke bagian tubuh lainnya sehingga dapat menyebabkan kematian.

Sejak ditemukan sinar-X pada tahun 1895 oleh W. C. Rontgen dan dikenalnya sifat radioaktivitas oleh Marie Curie dan Henri Becqueurel, penggunaan radiasi sebagai salah satu modalitas pengobatan penyakit kanker telah berkembang dengan pesat (Rizani, Setiabudi, & Anam, 2012). Penyembuhan pasien kanker dengan radiasi pertama kali dilaporkan pada tahun 1899, sejak saat itu penggunaan radiasi untuk terapi kanker terus mengalami perkembangan secara terus-menerus. Radiasi pengion dimanfaatkan untuk pengobatan penyakit kanker karena interaksi radiasi pengion dengan jaringan dapat mengakibatkan

kematian sel, baik secara langsung atau tidak langsung (Anam, 2011). Hal inilah yang merupakan dasar dari penggunaan radioterapi. Radioterapi merupakan pengobatan penyakit kanker dengan menggunakan sumber radioaktif *Cobalt-60* (sinar gamma) atau *Linear Accelerator* (foton dan elektron). Radioterapi memanfaatkan sifat sensitivitas sel kanker, dimana sebagian sel kanker lebih sensitif dibandingkan sel sehat. Oleh karena itu, terapi dengan radiasi merupakan salah satu metode pengobatan kanker yang umum digunakan.

Aplikasi radiasi *onkologi* pada pengobatan kanker memerlukan pengetahuan mengenai biologi yang mempelajari interaksi antara sinar yang diberikan dengan jaringan tumor maupun jaringan sehat, *histopatologi*, *onkologi* itu sendiri dan juga memerlukan pengetahuan fisika terutama mempelajari sifat berbagai sumber radiasi medik (Rizani dkk, 2012). Tubuh manusia terdiri dari berbagai jaringan dan rongga dengan perbedaan bentuk fisik dan sifat radiologi. Dalam perspektif dosimetri radiasi, keberadaan medium tidak homogen seperti jaringan lunak, paru-paru, dan tulang harus diperhitungkan mengingat pada awalnya dosimetri dilakukan dengan medium homogen (Constantin, Klein, Mackie, Sharpe, & Van Dyk, 2004).

International Commission on Radiation Unit and Measurement (ICRU) merekomendasikan bahwa dosis yang diberikan dalam terapi pasien mempunyai ketidakakuratan yang diperbolehkan berada pada jangkauan $-5\% - +7\%$. Untuk mengikuti rekomendasi tersebut, setiap langkah yang terlibat dalam radioterapi seperti perhitungan dosis radiasi, peletakan pasien, kalibrasi pesawat, dan kalibrasi keluaran radiasi harus memiliki akurasi yang kurang lebih 5% , sehingga dalam perhitungan dosis sedapat mungkin memiliki keakuratan $2-3\%$. Perubahan 5% dosis dapat mengakibatkan perubahan 10% sampai 20% pada kemungkinan kontrol tumor. Demikian pula perubahan 5% dosis

dapat mengakibatkan perubahan 20 % sampai 30 % pada tingkat komplikasi jaringan normal (Khan, 2010). Dari eksperimen yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa keberadaan medium tidak homogen seperti paru-paru akan mengubah data dosis pada medium air lebih dari 30 %. Penerapan koreksi inhomogenitas jaringan dapat mengurangi ketidakpastian pemberian dosis (Anam, 2011).

Dalam kasus fisika medis, perhitungan dosis dapat dilakukan dengan menggunakan metode Monte Carlo. Metode Monte Carlo merupakan metode perhitungan dosis per partikel radiasi yang mengenai suatu material, dimana mengandung probabilitas. Probabilitas tersebut berhubungan dengan *cross-section* dari suatu partikel baik elektron, maupun sinar-X (foton) saat mengenai volume materi yang banyak digunakan dalam radioterapi. Dengan metode Monte Carlo, perjalanan masing-masing partikel akan diperhatikan sampai partikel tersebut diserap oleh materi (Pawiro, Wahono, dkk, 2009). Kemungkinan interaksi yang terjadi selalu dikaitkan dengan bilangan *random* (acak) dan akan digunakan untuk menentukan keadaan atau perilaku dari suatu partikel radiasi. Pada umumnya, radiasi sinar-X atau foton merupakan partikel yang memiliki interaksi dengan materi yaitu interaksi efek fotolistrik, produksi pasangan dan efek Compton.

Salah satu pengembangan sistem perhitungan metode Monte Carlo adalah dengan menggunakan *software* EGS. Versi terbaru dari EGS adalah EGSnrc, yang merupakan pengembangan dari versi sebelumnya, EGS4 (Kawrakow, 2000). Dalam penelitian ini EGSnrc digunakan dalam *Window Enviroment Software* EGSnrc terdiri dari BEAMnrc, BEAMDP dan DOSXYZnrc. BEAMnrc memakai metode Monte Carlo untuk mensimulasikan partikel dalam kepala *Linear Accelerator*, BEAMDP adalah program yang digunakan un-

tuk analisis *phase space file* yang dihasilkan oleh BEAMnrc, misalnya untuk menentukan *fluence*, *energy fluence*, *spectral distribution*, *energy fluence distribution* dan lain-lain, sedangkan DOSXYZnrc digunakan untuk mensimulasikan *transport* foton dan elektron pada volume *Cartesian* serta menghitung energi yang mengendap pada elemen *voxel* (volume elemen), misalnya pada *field size* kanker pasien. *Software* EGSnrc ini memiliki fleksibilitas yang sangat tinggi dan cukup akurat untuk menangani berbagai proses fisis yang terjadi pada saat pendistribusian dosis dengan menggunakan *cross-section* sebagai fungsi peluang sehingga memudahkan *user* dalam menjalankan proses simulasi tanpa mengetahui lebih *detail* mengenai *software* tersebut.

1.2 Kerangka dan Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini akan difokuskan pada penentuan kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) untuk berbagai kedalaman berkas foton energi 6 MV menggunakan perhitungan metode Monte Carlo dengan memanfaatkan *software* EGSnrc. Kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) tersebut kemudian akan dibandingkan dengan kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) dengan kurva PDD hasil pengukuran. Penelitian ini dititikberatkan pada bagaimana cara menganalisis distribusi dosis pada jaringan paru-paru dan tulang serta menentukan faktor koreksi akibat adanya inhomogenitas jaringan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas, maka masalah pokok yang akan diungkap adalah:

- a. Adakah perbedaan antara hasil *Percentage Depth Dose* (PDD) *phantom*

air hasil simulasi Monte Carlo dengan *Percentage Depth Dose* (PDD) *phantom* air hasil pengukuran?

- b. Bagaimana cara menentukan distribusi dosis pada jaringan paru-paru dan tulang dengan menggunakan simulasi Monte Carlo?
- c. Adakah faktor koreksi yang diakibatkan oleh adanya inhomogenitas jaringan?

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini, maka penulis membatasi masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

- a. Simulasi Monte Carlo ini dilakukan untuk menentukan kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) pada kedalaman yang berbeda-beda berkas foton energi 6 MV pada pesawat *Linear Accelerator*.
- b. Simulasi Monte Carlo ini dilakukan untuk mengetahui distribusi dosis dengan memanfaatkan *software* EGSnrc khususnya mengenai medium nonhomogen.
- c. *Phantom* homogen dibuat dengan menggunakan susunan medium ekuivalen air, sedangkan *phantom* nonhomogen dibuat dengan menyisipkan medium paru-paru atau tulang setebal 10 cm di dalam jaringan homogen (air) mulai dari kedalaman 5 cm sampai 15 cm.
- d. Dalam simulasi Monte Carlo ini hanya mengkaji faktor koreksi distribusi dosis sebagai akibat dari inhomogenitas jaringan.

1.5 Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan dari penelitian ini memiliki beberapa tujuan diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Membandingkan hasil kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) hasil simulasi Monte Carlo dengan hasil pengukuran.
- b. Menentukan distribusi dosis pada jaringan paru-paru dan tulang.
- c. Menentukan faktor koreksi akibat adanya inhomogenitas jaringan.

1.6 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan dua metode data yaitu:

- a. *Studi Literatur*

Metode pengumpulan data ini digunakan sebagai langkah awal penelitian dengan mengumpulkan informasi materi yang berhubungan dengan penelitian. Beberapa jurnal, skripsi, tesis dan paper digunakan sebagai referensi dan kemudian dipahami. Adapun literatur yang menjadi acuan utama dalam penelitian ini adalah paper mengenai "simulasi Monte Carlo untuk menentukan radiasi sinar foton 6 MV pada ketidakhomogenan jaringan tubuh".

- b. *Simulasi*

Dalam simulasi ini digunakan perhitungan metode Monte Carlo dengan memanfaatkan *software* EGSnrc. *Phantom* homogen dibuat dengan menggunakan susunan medium ekuivalen air, sedangkan *phantom* nonhomo-

gen dibuat dengan menyisipkan medium paru-paru atau tulang setebal 10 cm didalam jaringan homogen (air) mulai dari kedalaman 5 cm sampai 15 cm. Hasil simulasi berupa kurva *Percentage Depth Dose* (PDD) untuk melihat distribusi dosis pada medium air dan jaringan tubuh manusia baik pada *phantom* homogen maupun nonhomogen seperti jaringan paru-paru dan tulang.

1.7 Keterbaruan

Keterbaruan dimaksudkan untuk menganalisis penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan, yang sejalan dan mempunyai konsep yang hampir sama dengan penelitian saat ini. Lalu melihat sejauh mana perbedaan masing-masing penelitian, sehingga masing-masing penelitian mempunyai tema yang *original*.

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh Supriyanto A. Pawiro, Sugiyantari, Tirto Wahono (2009) membahas tentang "*Pengaruh Ketidakhomogenan Medium pada Radioterapi*" dimana penelitian tersebut menghasilkan perbedaan presentase dosis kedalaman (PDD) pada medium homogen dan nonhomogen untuk sinar-X 6 MV dan sinar-X 10 MV melalui pengukuran di Rumah Sakit Persahabatan Jakarta Timur. Pemberian gabus setebal 4 cm pada akrilik mengakibatkan peningkatan dosis sampai 11,7 % pada sinar-X 6 MV dan 10,2 % pada sinar-X 10 MV. Faktor koreksi yang dihasilkan sebagai akibat adanya material ekuivalen paru-paru atau gabus mencapai 1,19 % pada sinar-X 6 MV dan 1,15 pada sinar-X 10 MV (Pawiro, Wahono, dkk, 2009).

Penelitian yang dilakukan Alfian Rizani, Setiabudi, Wahyu dan Choirul Anam (2012) membahas tentang "*Simulasi Monte Carlo Untuk Menentukan Dosis Sinar-X 6 MV Pada Ketakhomogenan Jaringan Tubuh*" penelitian terse-

but menghasilkan karakteristik distribusi dosis yang sama antara hasil simulasi pada *phantom* jaringan lunak dan *phantom* air dimana keduanya memiliki dosis maksimum (D_{max}) di kedalaman 1,5 cm. Faktor koreksi yang dihasilkan akibat penyisipan paru-paru yaitu 1,00 – 1,27 dan untuk tulang 0,81 – 1,05 (Rizani dkk, 2012).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Harjono(2012) membahas tentang "*Kalkulasi Monte Carlo Distribusi Dosis Dalam Paru Pada Simulasi Perlakuan Radioterapi Pasien Kanker Paru Dengan Sinar-X Megavolt*" dimana dihasilkan perbandingan distribusi dosis pada kanker paru-paru hasil simulasi dengan data *Treatment Planning System* (TPS) di Rumah Sakit (Harjono, 2012).

Dari ketiga penelitian tersebut, terdapat perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan, perbedaannya penelitian yang akan dilakukan menitikberatkan pada analisis *fluence*, energi *fluence* dan distribusi spektral dari komponen modul yang sudah tersedia secara *default* dalam program EGSnrc, selain itu medium nonhomogen setebal 10 cm disisipkan dalam medium homogen (air) pada kedalaman 5 sampai 15 cm.

Dapat diambil ikhtisar dari penelitian-penelitian tersebut dan membandingkannya dengan penelitian yang akan dilakukan, ditampilkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1: Keterbaruan Penelitian

| Nama | Tipe pesawat | Hasil |
|---|---------------------------|--|
| Supriyanto A., Pawiro, Sugiyantari, Tirto Wahono (2009) | <i>Linac</i> Varian 2100C | Kurva PDD jaringan nonhomogen energi 6 MV dan 10 MV |
| Alfian Rizani, Setiabudi, Wahyu dan Choirul Anam (2012) | <i>Linac</i> Elekta SL-15 | Karakteristik distribusi dosis nonhomogen sinar-X 6 MV |
| Harjono(2012) | <i>Linac</i> Elekta SL-15 | Perbandingan distribusi dosis pada kanker paru-paru hasil simulasi dengan data <i>TPS</i> di Rumah Sakit |

1.8 Sistematika penulisan

Gambaran menyeluruh mengenai penulisan dari penelitian ini terbagi atas lima bab ditambah dengan daftar pustaka dan lampiran :

BAB 1 Pendahuluan

Mendeskripsikan berupa latar belakang yang mengenalkan gambaran tentang perhitungan distribusi dosis menggunakan metode Monte Carlo, kerangka dan ruang lingkup, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metode pengumpulan data, keterbaruan dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Berisi tentang tinjauan pustaka atau teori-teori penunjang yang berhubungan dengan penelitian.

BAB 3 Metodologi Penelitian

Berisi tentang peralatan yang digunakan serta metode yang dilakukan selama proses pengambilan data.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Menguraikan mengenai penelitian secara lengkap disertai data-data yang diperoleh dari hasil penelitian.

BAB 5 Penutup

Merupakan bab terakhir dimana penulis menyimpulkan mengenai keseluruhan hasil penelitian dan mencoba memberikan saran berdasarkan hasil analisa penulis untuk pengembangan selanjutnya.

