

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Radioterapi merupakan *treatment* kanker yang efektif, sekitar 60% penderita kanker melakukan radioterapi. Radioterapi sering diikuti dengan jenis *treatment* kanker yang lain, misalnya radioterapi dapat digunakan untuk memperkecil ukuran kanker sebelum dilakukan operasi atau radioterapi digunakan setelah operasi untuk membunuh sisa-sisa sel kanker. Radioterapi merupakan salah satu *treatment* kanker yang memanfaatkan radiasi berenergi tinggi untuk membunuh atau memperkecil ukuran kanker (National Cancer Institute, 2016).

Salah satu alat yang digunakan dalam radioterapi yaitu pesawat *Linear Accelerator* atau lebih dikenal sebagai pesawat linac. Pesawat linac merupakan sebuah alat yang menggunakan gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi untuk mempercepat partikel bermuatan seperti elektron ke energi tinggi melalui sebuah tabung. Berkas elektron berenergi tinggi dapat digunakan untuk *treatment* tumor, atau dapat diubah menjadi sinar-x untuk mengobati tumor dengan kedalaman tertentu (Khan, 2014).

Prinsip Radioterapi yaitu memberikan radiasi semaksimal mungkin pada sel kanker dan seminimal mungkin pada sel sehat. Dalam perkembangannya untuk meminimalkan radiasi yang mengenai sel sehat, telah dikembangkan teknik-teknik radiasi. Beberapa teknik yang saat ini telah digunakan yaitu, *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT), *Volumetric Modulated Arc Therapy* (VMAT), *Conformal Radiotherapy* (CRT) (Taylor, dkk., 2012). Waktu *treatment* kanker menggunakan teknik VMAT lebih singkat dibandingkan dengan IMRT dan CRT. Selain itu, teknik VMAT memberikan radiasi yang lebih sedikit pada sel/ jaringan sehat sehingga resiko munculnya tumor akibat radioterapi dikemudian hari lebih rendah (Tsai, dkk.,

2011). Berdasarkan hasil *review* beberapa kasus kanker yang telah melalui *treatment* menggunakan teknik radiasi VMAT diketahui bahwa teknik VMAT dan IMRT memiliki hasil yang sama dalam meminimalkan radiasi pada sel/ jaringan sehat. Pada kasus kanker prostat dan kanker serviks teknik VMAT lebih baik dalam meminimalkan radiasi pada sel sehat sehingga resiko munculnya tumor dikemudian hari rendah dikarenakan tingginya efektifitas Monitor Unit yang digunakan dalam *treatment* VMAT (Teoh, dkk., 2011).

Sebelum dilakukan *treatment* radioterapi, perencanaan mengenai dosis yang akan diberikan ke pasien dilakukan berupa *treatment planning Eclipse (Varian Medical System)* dengan menggunakan *Analytical Anisotropic Algoritm (AAA)*. Distribusi dosis hasil AAA dapat diverifikasi dengan simulasi Monte Carlo. Metode Monte Carlo memungkinkan mencapai keakuratan dalam perhitungan distribusi dosis (Mohan, dkk., 2008). Metode Monte Carlo adalah suatu metode yang memanfaatkan bilangan acak untuk melakukan simulasi terhadap suatu peristiwa atau untuk melakukan aproksimasi komputasi persoalan yang sulit diselesaikan secara analitik (Suarga, 2007). Monte Carlo mampu mensimulasikan jejak partikel dalam *transport* radiasi dengan jumlah sampel yang dibutuhkan dari distribusi probabilitas utama (Bondan, 2012). Metode Monte Carlo adalah metode paling akurat dalam menghitung distribusi dosis, terutama pada jaringan heterogen dimana efek transport elektron tidak dapat dihitung secara akurat menggunakan metode algoritma konvensional secara deterministik (Chetty, dkk., 2007).

Pada *transport* elektron dan foton, digunakan salah satu *software* pengembangan sistem perhitungan metode Monte Carlo yaitu *software EGSnrc (Electron Gamma Shower national research council of Canada)*. Telah ada banyak penelitian yang menggunakan *software EGSnrc* untuk mensimulasikan pesawat linac seperti implementasi EGSnrc dalam linac SATURNE43 (Mohammed, dkk., 2014), simulasi linac Siemens Primus (Jayamani, dkk., 2016) dan simulasi linac Varian Clinac iX (Ramdani, 2015). Informasi yang dapat diperoleh dari EGSnrc diantaranya

karakteristik partikel seperti *fluence*, energi *fluence*, dan distribusi spektral serta distribusi dosis pada *phantom*.

Pesawat linac menyimpan informasi *treatment* pasien dalam sebuah *log* data yang dapat diekstraksi dari komputer operator linac. *Log* data berisi banyak informasi, diantaranya yaitu *jaws*, posisi MLC (*actual position* dan *plan position*), sudut *gantry*, fraksi dosis, dll. *Log* data yang disimpan oleh pesawat linac dapat dimanfaatkan sebagai bentuk verifikasi perhitungan distribusi dosis yang telah diberikan kepada pasien, namun saat ini penelitian mengenai *log* data masih terbatas.

Pesawat linac jenis Varian Clinac iX merekam dan menyimpan informasi *treatment* setiap 50 ms ke dalam *log* data yang disebut data *Dynalog*. Sebelumnya telah ada penelitian mengenai perbandingan distribusi dosis VMAT foton *beam* 10 MV pada *phantom ArcCheck* yang disimulasikan dengan metode Monte Carlo EGSnrc dan menggunakan data *Dynalog*. Penelitian tersebut menggunakan parameter-parameter sesuai dengan data *Dynalog* kecuali ukuran *jaws* atau *field size* yaitu 10 x 10 cm<sup>2</sup>. Perbedaan ukuran *jaws* mengakibatkan distribusi dosis antara simulasi Monte Carlo dan perencanaan AAA memiliki deviasi yang cukup besar yaitu 26.15 % (Ramdani, 2015).

Merujuk pada penelitian sebelumnya, penelitian ini akan dilakukan dengan mensimulasi *head* linac untuk melihat karakteristik berkas partikel setelah melewati komponen *multileaf collimator* (MLC). Selain itu, juga dilakukan perbandingan distribusi dosis dengan dua algoritma yaitu algoritma Monte Carlo (MC) dan *Analytical Anisotropic Algoritm* (AAA) pada *phantom ArcCheck*. Adapun untuk *phantom ArcCheck* dan data *Dynalog* yang akan digunakan sama dengan yang digunakan dengan yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya. Parameter yang berbeda antara penelitian sebelumnya dan penelitian yang akan dilakukan adalah ukuran *jaws*, ukuran *jaws* pada penelitian ini sesuai dengan ukuran *jaws* pada data *Dynalog*. Penelitian yang akan dilakukan ini diharapkan akan memperoleh hasil

deviasi distribusi dosis antara algoritma Monte Carlo dan AAA yang lebih kecil dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

## 1.2 Tujuan

Berikut adalah tujuan dari penelitian yang akan dilakukan.

1. Mensimulasikan teknik radiasi VMAT menggunakan metode Monte Carlo EGSnrc berdasarkan data *Dynalog*.
2. Menganalisis karakteristik berkas partikel di bawah MLC baik MLC *plan position* maupun *actual position*.
3. Menganalisis deviasi distribusi dosis pada *phantom ArcCheck* dengan data *Control Points actual position* dan *plan position*, serta membandingkan distribusi dosis antara algoritma Monte Carlo dan AAA pada *phantom ArcCheck*.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana proses simulasi teknik radiasi VMAT berdasarkan data *Dynalog* menggunakan Monte Carlo EGSnrc.
- b. Bagaimana karakteristik berkas partikel di bawah MLC baik MLC *plan position* maupun *actual position*.
- c. Bagaimana deviasi distribusi dosis pada *phantom ArcCheck* dengan data *Control Points actual position* dan *plan position*, serta perbandingan distribusi dosis antara algoritma Monte Carlo dan AAA pada *phantom ArcCheck*.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang akan dikaji dibatasi pada:

- a. Metode yang digunakan untuk simulasi *head* linac dan VMAT adalah metode Monte Carlo dengan *software* EGSnrc.
- b. Pesawat linac yang dimodelkan jenis Varian Clinac iX foton *beam* 10 MV.

- c. *Log data* yang digunakan yaitu *Dynalog* yang kemudian dibaca menggunakan *software* MATLAB.
- d. *Phantom* yang digunakan adalah *phantom ArcCheck*
- e. Ukuran *jaws* yang digunakan adalah  $X1 = 9.9$  cm,  $X2 = 9.5$  cm,  $Y1 = 12.1$  cm, dan  $Y2 = 9.6$  cm
- f. Perbandingan distribusi dosis pada *phantom* yaitu antara algoritma Monte Carlo dan AAA

### 1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini digunakan dua metode pengumpulan data yaitu:

- a. Studi Literatur

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan studi literatur yang dapat bersumber dari berbagai buku, jurnal dan skripsi untuk mendapat informasi yang dapat dijadikan sebagai acuan selama penelitian.

- b. Simulasi

Dalam simulasi ini digunakan metode Monte Carlo dengan memanfaatkan *software* EGSnrc, sedangkan data *Dynalog* dibaca menggunakan *software* MATLAB. Dibuat desain *head* linac jenis Varian berenergi 10 MV. Simulasi perjalanan partikel pada kepala linac dilakukan dua tahap yaitu pada *head linac part 1* dan *head linac part 2*. *Head linac part 1* yaitu dari bagian target sampai *Ionization Chamber*, sedangkan *head linac part 2* yaitu bagian *jaws*. *Phase space file head linac part 2* selanjutnya digunakan sebagai input untuk simulasi DYNMLC, selain itu data *sequence* dari data *Dynalog* juga digunakan untuk simulasi DYNMLC sehingga menghasilkan grafik karakteristik partikel. Selanjutnya dilakukan simulasi distribusi dosis pada *phantom ArcCheck* menggunakan DOSXYZnrc dengan menggunakan input *Sequence*, data *control points*, *phase space file head linac part 2*, dan *input file phantom*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Pembahasan Pokok dari penelitian ini dibagi menjadi beberapa bab yang diuraikan secara singkat sebagai berikut:

**BAB I**, sebagai Pendahuluan:

Menguraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan.

**BAB II**, sebagai Tinjauan Pustaka:

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka Monte Carlo EGSnrc dan teori-teori penunjang penelitian.

**BAB III**, sebagai Metode Penelitian:

Menjelaskan mengenai proses penelitian meliputi waktu dan tempat dilakukan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur dalam pembambilan data sehingga diperoleh data penelitian.

**BAB IV**, sebagai Hasil dan Pembahasan:

Pada bab ini akan dibahas tentang hasil penelitian dan analisis yang dibahas dengan acuan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian.

**BAB V**, sebagai Penutup:

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh selama penelitian dari pembahasan di bab sebelumnya dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.