

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Alam semesta dengan segala keteraturannya merupakan bukti kekuasaan Allah SWT. Tidak ada satu hal pun dari ciptaan-Nya yang diciptakan dengan sia-sia, semuanya memiliki tujuan akan keberadaannya tanpa terkecuali dalam penciptaan atom.

Atom merupakan bahan pembentuk alam semesta yang menyimpan energi yang sangat dahsyat yang dikenal dengan energi nuklir, jika dimanfaatkan secara tepat dan bijaksana dapat memberikan manfaat yang begitu besar bagi kehidupan manusia, sebagaimana firman Allah SWT berikut,

وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ

Artinya: "Telah Allah turunkan logam, yang padanya terdapat kekuatan yang dahsyat dan dapat dimanfaatkan untuk kemaslahatan manusia." (QS.Al Hadiid:25)

Pemanfaatan energi nuklir telah diterapkan di berbagai bidang termasuk bidang kesehatan atau medis. Pemanfaatan energi nuklir di bidang medis diantaranya adalah untuk kepentingan radiodiagnosa, radioterapi, kedokteran nuklir, serta sterilisasi alat dan produk kesehatan (Alatas et al., 2000).

Radioterapi merupakan salah satu bentuk pemanfaatan teknologi nuklir dalam bidang medis untuk pengobatan atau terapi kanker. Pengobatan kanker dalam radioterapi dilakukan dengan memanfaatkan radiasi pengion, hal ini dikarenakan sel kanker memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap radiasi dibandingkan dengan sel sehat, oleh karena itu radioterapi merupakan salah satu modalitas utama pada pengobatan kanker selain kemoterapi dan operasi (Suharni, Kusmiranto, & Anggraita, 2013; Anam, 2010).

Pada praktiknya, terdapat dua teknik dalam radioterapi yaitu brakhiterapi (sumber internal) dan teleterapi (sumber eksternal). Brakhiterapi (sumber internal) merupakan terapi jarak dekat yang dilakukan dengan cara implantasi sumber radioaktif didekat kanker didalam tubuh pasien. Sedangkan teleterapi (sumber eksternal) merupakan terapi radiasi jarak jauh yang dilakukan dengan memanfaatkan radiasi yang bersumber dari pesawat pemercepat elektron untuk mematikan sel kanker (Alatas et al., 2000).

Pada teleterapi, radiasi yang dimanfaatkan dapat berupa radiasi berkas elektron atau berkas foton. Radiasi berkas elektron dapat dihasilkan dari pesawat Linac (*Linier Accelerator*), sedangkan radiasi berkas foton dihasilkan dari pesawat terapi *Cobalt-60* atau pun pesawat Linac (Metcalf, Kron, & Hoban, 2007), baik radiasi berkas elektron atau pun berkas foton masing-masing memiliki karakteristik tersendiri dalam pemanfaatannya untuk terapi kanker.

Radiasi berkas foton dapat dimanfaatkan untuk terapi kanker pada kedalaman yang jauh dari permukaan kulit, jangkauan energi foton adalah 4 MV sampai 25 MV (Suharni, Kusmiranto, & Anggraita, 2013; Purdy & D.A., 1985). Adapun radiasi berkas elektron dimanfaatkan pada terapi kanker dengan kedalaman yang dangkal seperti pengobatan tumor superfisial (permukaan) (Strydom dan Olivares W. P., 2005), hal ini dikarenakan berkas elektron hanya mampu menembus kedalaman yang terbatas sebelum diserap, yaitu hingga kedalaman 5 cm untuk rentang energi 5 MeV sampai 20 MeV (Faiz. M Khan, 2003).

Sebelum dilakukan terapi radiasi secara langsung terhadap pasien, diperlukan suatu tahap perencanaan terlebih dahulu atau dikenal dengan *Treatment Plannning System* (TPS), TPS dilakukan untuk melakukan dosimetri radiasi atau perhitungan distribusi dosis radiasi guna mendapatkan dosis yang terukur (Faiz. M Khan, 2003; Dyk, 1999). Perencanaan umumnya dilakukan dengan menggunakan sistem komputerisasi yang rumit dilengkapi dengan perangkat lunak TPS untuk menyimulasikan terapi radiasi yang

sebenarnya (Dyk, 1999; Kristina, 2011). Dalam mensimulasikan terapi radiasi tersebut, digunakan algoritma yang dapat mengkalkulasi dosis. Beberapa algoritma untuk kalkulasi dosis diantaranya adalah AXB, CCC, PCB, Aucross XB, Aucross BV, SP, AAA, Monte Carlo (MC), dan sebagainya (Lu, 2013).

Dalam penelitian ini digunakan metode Monte Carlo, yang merupakan metode numerik yang berdasarkan pada sampel bilangan acak atau *random* untuk mensimulasikan suatu proses stokastik (Zego, 2006). Pada radioterapi, metode ini sering digunakan untuk mensimulasikan transfer partikel dan menghitung distribusi dosis pesawat Linac, dalam mensimulasikan semua proses fisik tersebut, Monte Carlo melibatkan berkas partikel selama transportasi, sehingga hasil perhitungan dosisnya harus sangat akurat dan ketepatannya ditentukan oleh jumlah kejadian yang dihasilkan sehingga memerlukan waktu yang lama. Oleh karena itu, metode Monte Carlo belum dapat diterapkan pada praktik klinik langsung seperti di Rumah Sakit (Lu, 2013).

Salah satu metode perhitungan dosis yang diterapkan dalam TPS pada praktik klinik adalah dengan menggunakan AAA (*Analytical Anisotropic Algorithm*). AAA merupakan algoritma yang diimplementasikan dalam sistem Eclipse™ *Integrated Treatment Planning (Varian Medical System)* untuk menghitung distribusi dosis. AAA menyediakan perhitungan dosis yang cepat dan akurat untuk berkas radiasi bahkan didaerah dengan heterogenitas jaringan yang kompleks. Model perhitungan dosis AAA berupa algoritma konvolusi-superposisi berkas pensil (*pencil beam*) 3D yang memiliki pemodelan terpisah untuk foton primer, foton sekunder, dan elektron kontaminasi (Sievinen, Ulmer, & Kaissl, 2005).

Metode Monte Carlo dikenal memiliki keakuratan yang tinggi, pada beberapa riset didapatkan kesesuaian antara simulasi dan pengukuran dengan tingkat kesalahan sekitar 1 % (Keall P. J. et al, 2003), hanya saja seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa pada metode Monte Carlo perhitungan

dosisnya memerlukan waktu yang lebih lama sehingga belum dapat diterapkan pada praktik klinik, untuk memanfaatkan keakuratan algoritma Monte Carlo namun dengan menghindari proses yang lambat, maka penyederhanaan transportasi berkas partikel pada tubuh pasien dilakukan dengan mengarah pada algoritma AAA (Lu, 2013).

Penelitian terhadap algoritma perhitungan dosis radiasi dalam *treatment planning* telah banyak dilakukan diantaranya adalah penelitian Gete *et al* (2012), yang membandingkan perhitungan AAA dan Monte Carlo untuk mengevaluasi keakuratan perhitungan dosis untuk *Stereotactic Body Radiation Therapy* (SBRT) serta menyelidiki konsekuensi dosimetri tidak menerapkan koreksi heterogenitas jaringan pada rencana paru-paru SBRT yang kompleks, berkas yang digunakan adalah berkas foton 6 MV dan hasilnya diketahui bahwa perbandingan perhitungan AAA dengan MC menunjukkan bahwa algoritma AAA mampu menghitung inhomogenitas secara akurat untuk rencana SBRT paru-paru. Penelitian lain adalah oleh Lu (2013), tentang “*Dose Calculation Algorithms in External Beam Photon Radiation Therapy*” untuk menguji dan mengevaluasi keakuratan algoritma perhitungan dosis, dari penelitian ini diketahui suatu hierarki akurasi algoritma, yaitu algoritma Monte-Carlo > Acuros XB > CCC > AAA > PBC > Metode berbasis koreksi. Hierarki akurasi ini menunjukkan bahwa Monte Carlo memiliki keakuratan yang tinggi dibandingkan algoritma lain. Kemudian penelitian oleh Sievinen, Ulmer, & Kaissl (2005) yang melakukan verifikasi keakuratan penerapan model perhitungan dosis AAA di Eclipse, selain itu perhitungan Monte Carlo dilakukan pada uji *phantom* dalam geometri *slab* dan akhirnya dibandingkan dengan perhitungan AAA.

Selain penelitian-penelitian tersebut, telah banyak penelitian lain tentang perbandingan algoritma perhitungan dosis namun sebagian besar menggunakan berkas foton, termasuk pada penelitian Nursaidah (2017) yang telah melakukan perbandingan antara AAA dan Monte Carlo. Adapun untuk berkas elektron, salah satunya telah dilakukan penelitian oleh Male (2012)

yang melakukan kalkulasi menggunakan simulasi Monte Carlo untuk memperoleh informasi dosis dalam paru dan sekaligus digunakan untuk verifikasi hasil kalkulasi TPS ISIS.

Oleh karena itu, dilakukanlah penelitian tentang perbandingan distribusi dosis hasil simulasi Monte Carlo dan AAA dari TPS-Eclipse namun dengan menggunakan berkas elektron. Berkas elektron dipilih karena karakteristik dan kelebihanannya yang dapat dimanfaatkan untuk mengobati kanker yang berada di dekat permukaan, yang dalam hal ini tidak memungkinkan jika menggunakan berkas foton.

Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan menggunakan EGSnrc (*Electron Gamma Shower-Naational Research Council of Canada*) yaitu *software* yang mampu mensimulasikan transport berkas foton dan elektron di dalam pesawat Linac dengan memanfaatkan sistem perhitungan Monte Carlo (Male, 2012). EGSnrc dapat mensimulasikan *head* Linac dengan menggunakan program BEAMnrc, sedangkan untuk memodelkan *phantom* maka digunakan program DOSXYZnrc. Dari simulasi EGSnrc ini akan didapatkan data *output* berupa informasi distribusi dosis yang kemudian dibandingkan dengan data distribusi dosis hasil perhitungan AAA pada TPS-Eclipse. Tahap ini merupakan tahapan *commissioning* yang bertujuan memvalidasi model virtual Linac yang dibuat dengan simulasi Monte Carlo terhadap pesawat Linac yang sebenarnya. Hasil simulasi Monte Carlo dinyatakan valid jika deviasi perbandingan antara AAA dan Monte Carlo adalah $\leq 5\%$, jika demikian maka hasil simulasi Monte Carlo dapat dijadikan sebagai data pembanding bagi rumah sakit untuk keperluan *treatment* selanjutnya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana perbandingan distribusi dosis antara hasil simulasi Monte Carlo-EGSnrc dengan hasil TPS-Eclipse (AAA) berkas elektron 12 MeV?
- b. Apakah hasil simulasi Monte Carlo-EGSnrc tervalidasi setelah dibandingkan dengan hasil TPS-Eclipse (AAA)?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang dikaji dibatasi hanya dalam lingkup berikut:

- a. Simulasi dilakukan dengan variasi *field size* $10 \times 10 \text{ cm}^2$, $15 \times 15 \text{ cm}^2$, $20 \times 20 \text{ cm}^2$, dan $40 \times 40 \text{ cm}^2$ untuk energi 12 MeV.
- b. Selain variasi *field size*, simulasi juga dilakukan dengan variasi energi 12 MeV, 13 MeV, 14 MeV, 15 MeV, dan 18 MeV pada *field size* $10 \times 10 \text{ cm}^2$

1.4. Tujuan

Membandingkan distribusi dosis hasil simulasi Monte Carlo-EGSnrc dengan hasil TPS-Eclipse (AAA) berkas elektron 12 MeV.

1.5. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini metode pengumpulan data adalah sebagai berikut:

- a. Studi Literatur
Studi literatur merupakan metode penelitian yang berupa pengumpulan dan pengkajian berbagai literatur atau sumber yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Sumber-sumber tersebut diantaranya berupa jurnal penelitian, buku, skripsi, tesis, dan atau sumber lainnya.
- b. Simulasi
Merupakan metode pengumpulan data dengan cara melakukan simulasi secara komputerisasi menggunakan *software* EGSnrc yang memanfaatkan perhitungan Monte Carlo.

1.6. Sistematika Penulisan

Merupakan gambaran menyeluruh terkait penulisan laporan tentang penelitian yang dilakukan penulis, ditulis dalam bentuk sistematika berikut:

- a. BAB I, sebagai Pendahuluan:
Mendeskripsikan rancangan penelitian berupa latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan.
- b. BAB II, sebagai Tinjauan Pustaka:
Merupakan hasil dari proses pengkajian berbagai sumber atau studi literatur yang dijadikan sebagai informasi, data pendukung, serta sebagai pedoman atau referensi dalam melakukan penelitian ini.
- c. BAB III, sebagai Metode Penelitian:
Menjelaskan mengenai proses penelitian meliputi waktu dan tempat dilakukannya penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur dalam pengambilan data sehingga didapatkan data penelitian.
- d. BAB IV, sebagai Hasil dan Pembahasan:
Menjelaskan mengenai hasil yang didapatkan berupa sekumpulan data ketika dilakukannya penelitian, yang kemudian dilakukan analisis terhadap data untuk diketahui masalah serta bagaimana pemecahannya sehingga tercapai tujuan dilakukannya penelitian.
- e. BAB V, sebagai Penutup:
Berisi kesimpulan akhir yang didapatkan dalam penelitian, selain itu berupa penyampaian saran untuk perkembangan penelitian selanjutnya.